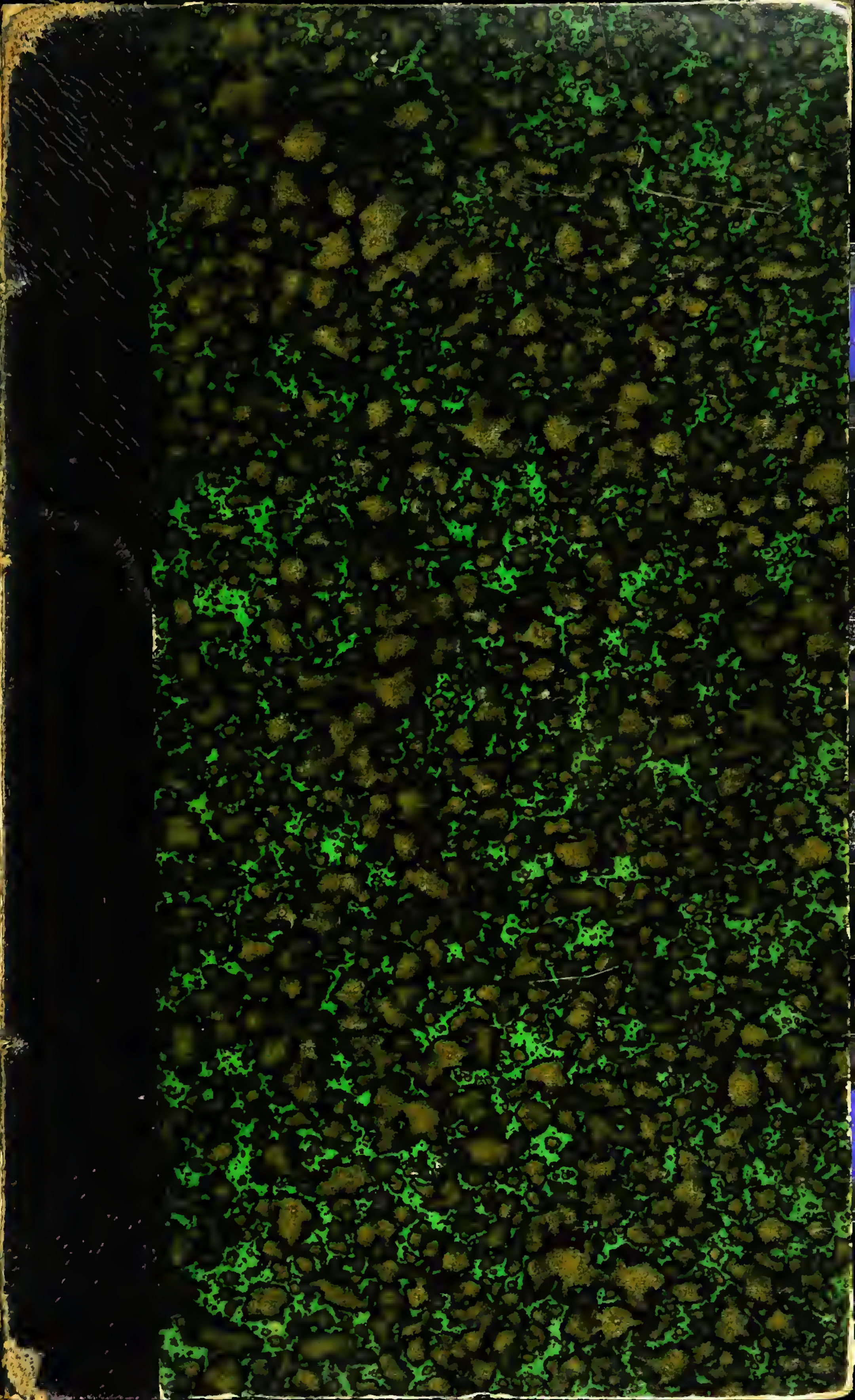


Souvenir de son tout …

Bosc

GASTON TISSANDIER

LE

GRAND BALLON CAPTIF

A VAPEUR

DE

M. HENRY GIFFARD

COUR DES TUILERIES — PARIS, 1878

Avec de nombreuses illustrations

PAR

M. ALBERT TISSANDIER

PARIS

G. MASSON, ÉDITEUR

120, BOULEVARD SAINT-GERMAIN, EN FACE DE L'ÉCOLE DE MÉDECINE

JUILLET 1878



G. MASSON, ÉDITEUR

120, boulevard Saint-Germain, en face de l'École de médecine

PARIS

LA NATURE

REVUE DES SCIENCES

ET DE LEURS APPLICATIONS AUX ARTS ET A L'INDUSTRIE

Journal hebdomadaire illustré

Rédacteur en chef : GASTON TISSANDIER

Vulgariser sans être vulgaire, instruire sans ennuyer, renseigner sûrement et avec promptitude, joindre l'art à la science dans l'illustration et la gravure, tel est le but que poursuit sans cesse le journal *la Nature*.

En parcourant les dix premiers volumes de la collection, on peut s'assurer que ce programme a été rempli d'une façon complète. Pendant que *le Challenger* parcourait les mers, les récits de cette exploration étaient publiés dans *la Nature* accompagnés de l'image des nouveaux animaux marins arrachés des profondeurs de la mer.

Quand on apprit que les gaz jusqu'ici réputés comme permanents venaient d'être liquéfiés, les lecteurs de *la Nature* eurent immédiatement sous les yeux la description des appareils employés par M. Cailletet et M. Raoul Pictet. Des gravures remarquables faites d'après les appareils originaux par des dessinateurs spéciaux, leur donnèrent la reproduction exacte de ces nouveaux instruments.

(*Voir la suite page 3 de la couverture.*)

Note

Monsieur Bosc, the donor of this work, whose name appears on the wrapper, was the Constructor of the timber edifice in which the machinery was housed* and, as a very skilful artificer, aided Mr. Giffard in many of the ingenious contrivances used in connection with the monster balloon, which was one of the chief attractions of the Paris Exhibition. M Bosc was employed under me, at the Exhibition, to construct the timber shedding for the annexes for machinery, etc.

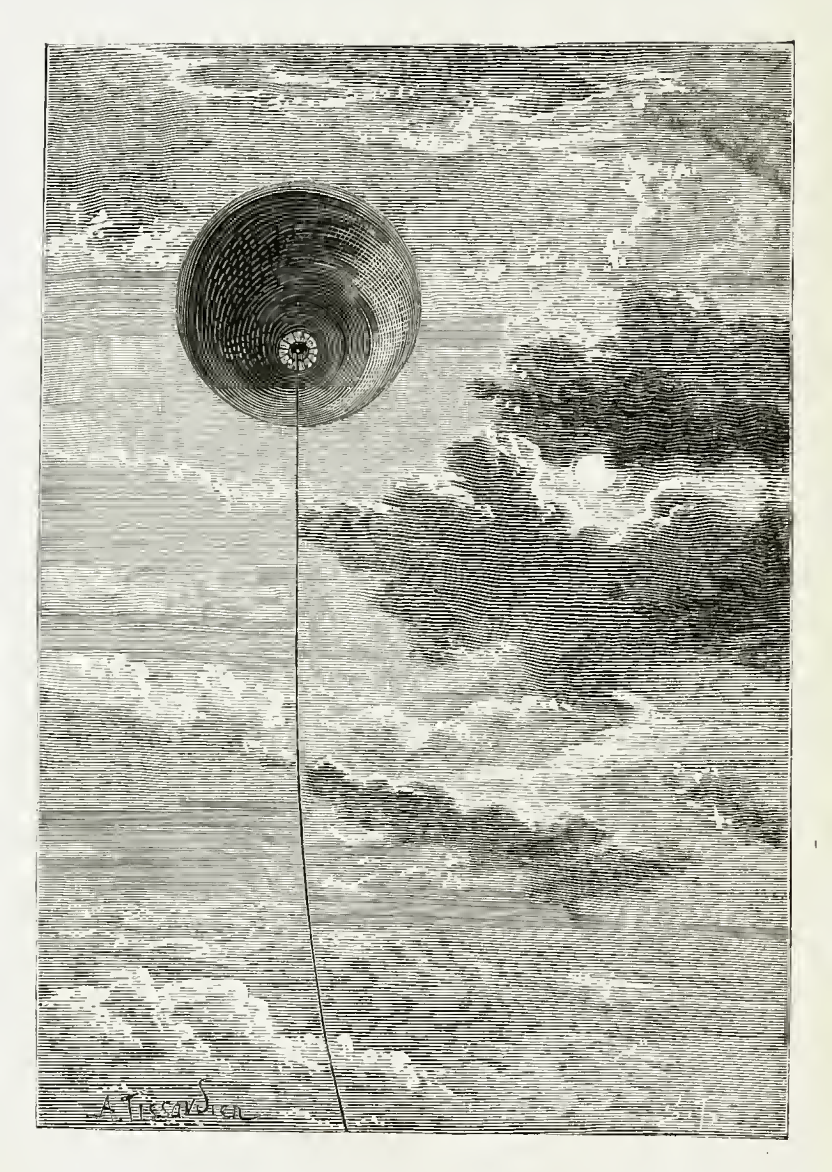
GRM.

* See p. 33.

Gaston Tissandier, the author of this work, was for many years the Editor of La Nature, one of the foremost popular Journals of Science in Paris.



Ex libris
Albert [illegible]
[illegible] 1880



LE BALLON CAPTIF DANS LES NUAGES, VU DE TERRE.

GASTON TISSANDIER

LE GRAND BALLON CAPTIF A VAPEUR

DE

M. HENRY GIFFARD

COUR DES TUILERIES — PARIS, 1878

Avec de nombreuses illustrations

PAR

ALBERT TISSANDIER

PARIS

G. MASSON, ÉDITEUR

120, BOULEVARD SAINT-GERMAIN, EN FACE DE L'ÉCOLE DE MÉDECINE

JUILLET 1878



INTRODUCTION

Lors de l'Exposition universelle de 1867, M. Henry Giffard construisit au Champ de Mars le premier ballon captif à vapeur. Ce matériel aérostatique, absolument nouveau, excita la curiosité générale. On admira ce globe aux proportions imposantes, où 5000 mètres cubes d'hydrogène se trouvaient pour la première fois emprisonnés dans une étoffe imperméable. On ne se lassa pas de s'élever à 250 mètres au-dessus du sol, et de contempler les panoramas aériens dans une nacelle où 12 voyageurs tenaient place.

Quelque remarquable qu'ait été cette construction, elle est dépassée au delà de tout ce qu'on peut imaginer par celle que le même inventeur a exécutée à l'occasion de l'Exposition universelle de 1878.

Installé au centre de Paris, dans la cour des Tui-

leries, que M. le Ministre des travaux publics a mise à la disposition de M. Henry Giffard, le grand ballon captif à vapeur de 1878, par ses proportions gigantesques, par les dispositions ingénieuses de tous ses organes, par la puissance de son action et la solidité des matériaux qui le constituent, est incontestablement une des plus grandes merveilles de la mécanique moderne. Il est aux ballons ordinaires ce que le *Great-Eastern* est à une coquille de noix. Il est le fruit de savants calculs, d'inventions nombreuses, fécondées par de longues recherches qui n'avaient aucun précédent.

Nous sommes heureux d'offrir au public une description détaillée de ce monument aérostatique. Mais auparavant, il nous paraît intéressant de publier une courte notice biographique sur le savant ingénieur qui l'a construit.

M. Henry Giffard est né à Paris le 8 février 1825. A dix-sept ans, après avoir terminé ses études classiques, il entra dans les bureaux des ateliers du chemin de fer de Paris à Saint-Germain et à Versailles afin d'y acquérir de nouvelles connaissances techniques. Il y resta jusqu'en 1843. Dès cette époque, poussé par l'esprit d'invention, il commença à s'occuper des questions relatives à la navigation aérienne. Après dix années d'études et de recherches, après avoir exécuté plusieurs ascensions en ballon, il fit en 1852 sa première grande expérience de direction atmosphérique. Il s'éleva seul dans les

airs à Paris, au moyen d'un aérostat allongé et d'une machine à vapeur faisant tourner une hélice[1]. Cette tentative hardie, dont il a publié une relation le 26 septembre 1852 dans le journal la *Presse*, fut considérée à juste titre dans les écrits du temps comme le point de départ de toutes celles que devait inévitablement produire ce premier succès. Toutefois, le but n'est pas encore atteint, et s'il doit jamais l'être, il est probable que la gloire en est réservée à M. Henry Giffard.

De 1850 à 1858, cet ingénieur a inventé et perfectionné deux appareils d'alimentation de chaudières à vapeur. Le premier, basé sur l'action de la force centrifuge, a fonctionné convenablement pendant un certain temps; mais il a dû céder la place à un autre alimentateur beaucoup plus simple, connu sous le nom d'*Injecteur-Giffard*, et dont l'emploi est aujourd'hui universel. Cette découverte, considérée à juste titre par tous les hommes compétents comme une des plus étonnantes de notre époque, valut à son auteur le grand prix de mécanique décerné par l'Institut en 1859, et plus tard la croix de la Légion d'honneur (1863), précédée et suivie de plusieurs décorations étrangères. Elle mit entre les mains de l'inventeur les ressources d'une fortune qui ne l'ont jamais détourné des travaux scientifiques et des grandes entreprises.

[1] Voy. *Appendice*, note A, page 57.

En juin 1876, M. Giffard a reçu de la *Société d'Encouragement* la grande médaille des arts mécaniques (médaille de Prony.) On doit à M. Henry Giffard des études et des expériences sur les machines à vapeur à grande vitesse et à très-haute pression, sur la fabrication du gaz hydrogène pur.

Après avoir construit en 1867 son premier ballon captif à vapeur, M. Henry Giffard en a installé un autre à Londres l'année suivante. Ce second aérostat cubait 12 000 mètres et enlevait 30 voyageurs à 500 mètres d'altitude. Cet ingénieur a découvert tout récemment une notable amélioration pour l'exploitation des chemins de fer, en construisant un wagon dont la suspension établie sur de nouveaux principes, supprime totalement les trépidations, si fatigantes pour les voyageurs.

Mais les questions relatives à la navigation aérienne ont toujours eu le privilége de séduire l'esprit inventif de M. Henry Giffard, et pour notre part nous avons la conviction qu'après le grand ballon captif à vapeur de 1878, l'éminent ingénieur accroîtra encore de nouvelles et importantes conquêtes le domaine de l'Aéronautique.

G. T.

DESCRIPTION GÉNÉRALE

Le grand ballon captif à vapeur de M. Henry Giffard est confectionné avec une étoffe absolument imperméable. Il ne perd pas la plus faible quantité du gaz hydrogène qu'il renferme; il reste gonflé pendant des mois entiers, défiant la pluie ou la grêle, le vent et l'ouragan. Il cube 25 000 mètres et forme une sphère immense, la plus grande qui ait jamais été faite; son diamètre n'a pas moins de 36 mètres. Il a une force ascensionnelle de 25 000 kilogrammes; le poids total de tous les matériaux qui le constituent est de 14 000 kilogrammes en nombre rond. L'aérostat est muni à sa partie supérieure et à sa partie inférieure de deux vastes soupapes. Celle du haut peut être ouverte par les aéronautes dans la nacelle; celle du bas s'ouvre automatiquement, pour laisser écouler le gaz quand il se dilate. L'aérostat, amarré à terre, forme au-dessus du sol un dôme monumental, de 55 mètres de hauteur, dépassant de 10 mètres le couronnement de l'Arc-de-Triomphe de Paris.

La sphère d'étoffe est enveloppée d'un filet de corde. Terminé à sa partie inférieure par une série de pattes

d'oie et de poulies, ce filet est attaché par l'intermédiaire de câbles et de poulies à un cercle métallique capable de résister dans tous les sens à des tractions de 100 000 kilogrammes. Ce premier cercle est relié à un second, situé à un niveau inférieur et autour duquel s'attachent les cordes de la nacelle.

La nacelle en bois forme une galerie circulaire de 18 mètres de circonférence ; un espace annulaire central de 4 mètres de diamètre, y est ménagé ; c'est au centre de cet espace que le câble, corde puissante de $0^m,085$ de diamètre à sa partie supérieure, se relie au cercle d'acier par l'intermédiaire d'un peson, muni de cadrans verticaux, où des aiguilles indiquent constamment la force ascensionnelle de l'aérostat. La nacelle à terre se trouve suspendue au-dessus d'une vaste cuvette conique. On monte dans sa galerie au moyen d'une passerelle mobile, comme cela se pratique habituellement dans les ports pour se rendre à bord des bateaux à vapeur. Quarante à cinquante personnes peuvent prendre place à chaque ascension.

Le câble descend au fond de la cuvette ; il tourne autour d'une poulie métallique montée sur une suspension *à la Cardan* ; puis il circule dans un tunnel de 60 mètres d'étendue (fig. 1) et vient s'enrouler autour d'un treuil de fonte de $1^m,70$ de diamètre, de 11 mètres de longueur, commandé par deux roues d'engrenage de $5^m,50$ de diamètre, que deux machines à vapeur de 300 chevaux mettent en mouvement par l'intermédiaire d'un pignon de petit diamètre ($0^m,25$). Ces machines, à 4 cylindres, peuvent travailler jusqu'à 9 ou 10 atmosphères. Le câble a 660 mètres de longueur.

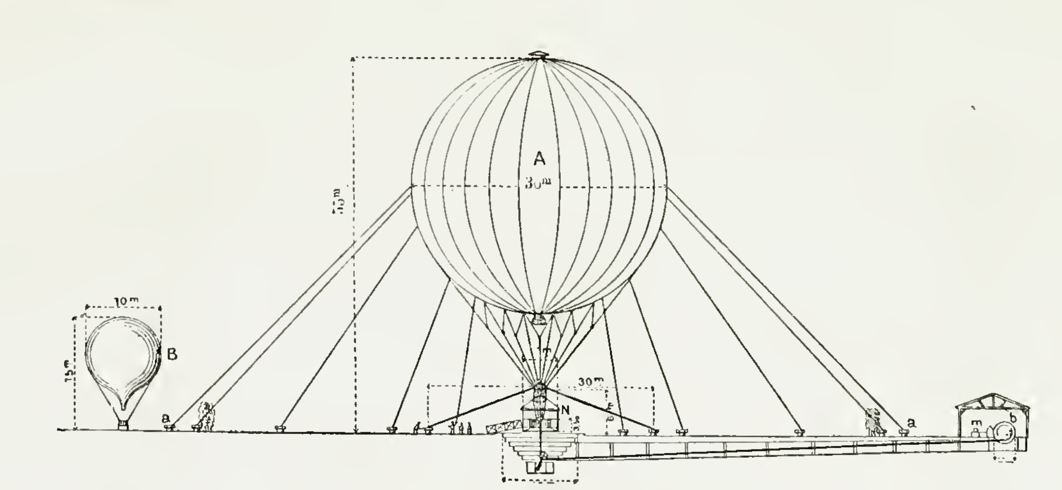


Fig. 1. — Grand ballon captif à vapeur de M. Henry Giffard (Coupe).

A Ballon. — N. Nacelle suspendue au-dessus de la cuvette. — *m*. Machine à vapeur. — *b*. Treuil pour le câble. — *a a*. Cordes d'équateur ayant servi au gonflement de l'aérostat. — B. Proportions comparatives d'un ballon ordinaire, cubant 1 000 mètres et pouvant enlever trois ou quatre voyageurs.

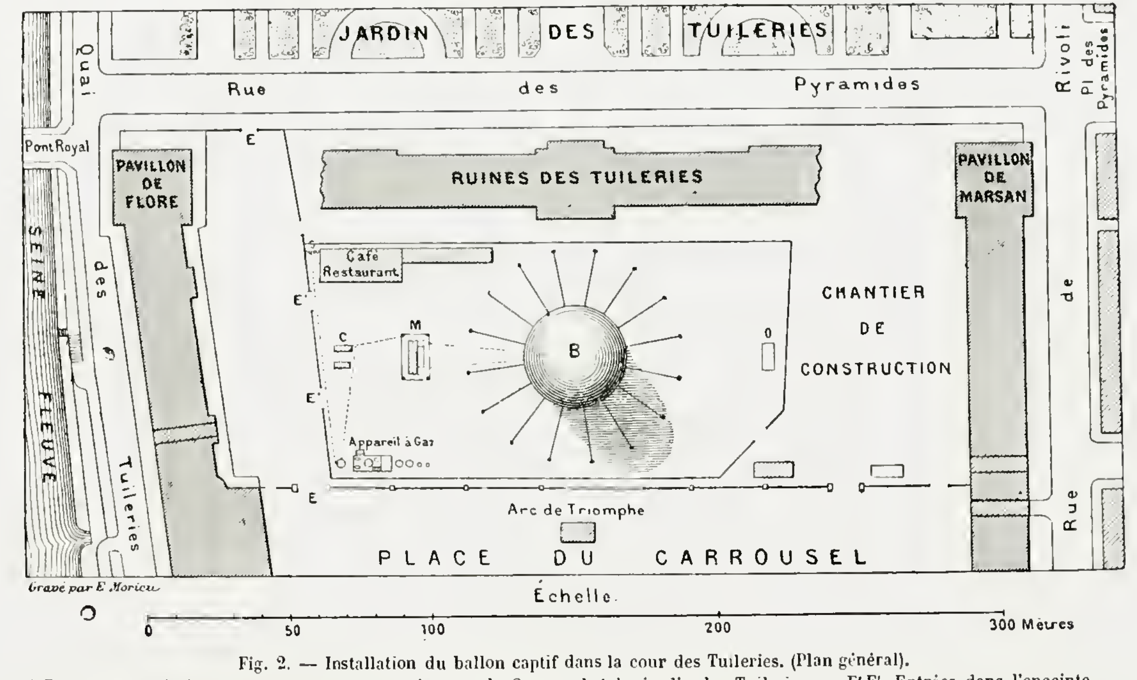
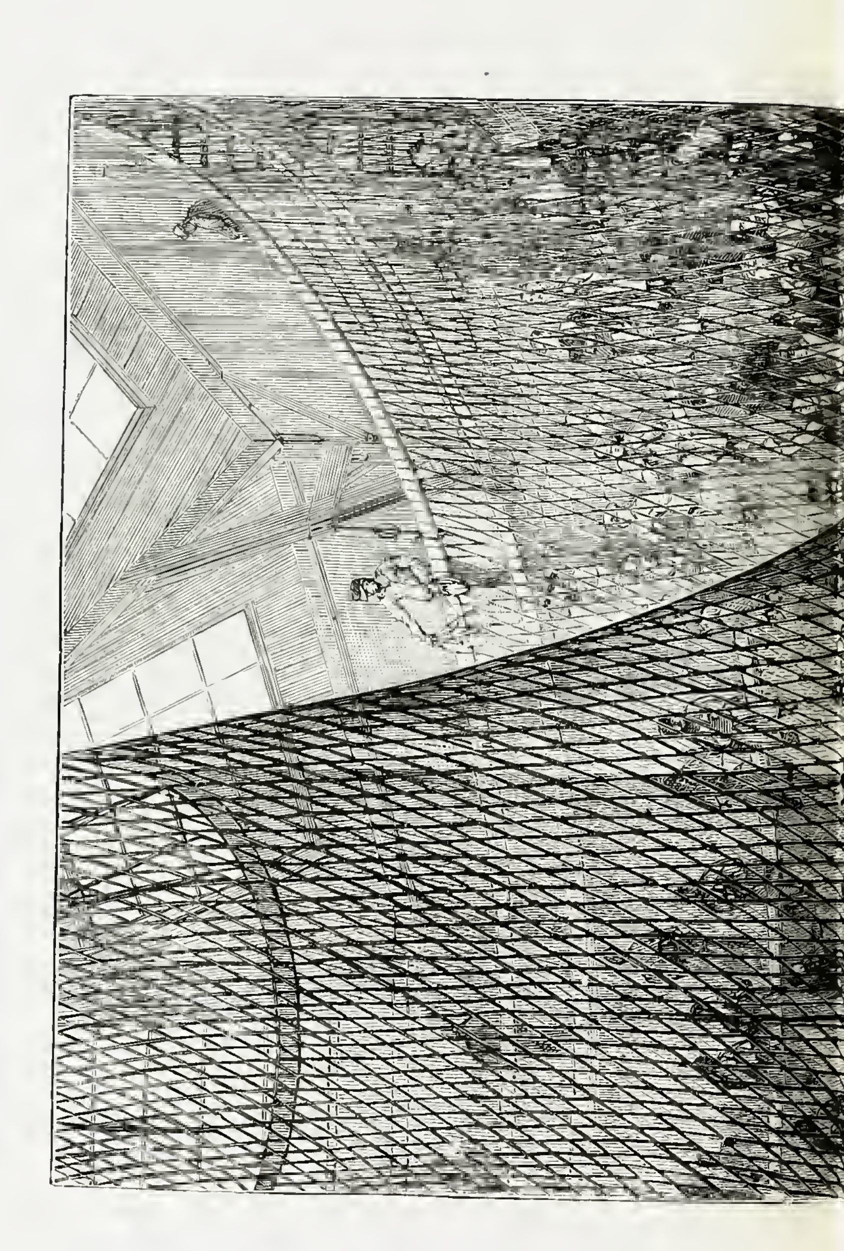


Fig. 2. — Installation du ballon captif dans la cour des Tuileries. (Plan général).

E E Portes d'accès dans le passage ouvert entre la cour du Carrousel et le jardin des Tuileries. — E' E'. Entrées dans l'enceinte. — C. Chaudières. — M. Machines et treuil. — B. Ballon captif. — O. Orchestre. — S. Compteurs d'eau pour l'appareil à gaz.



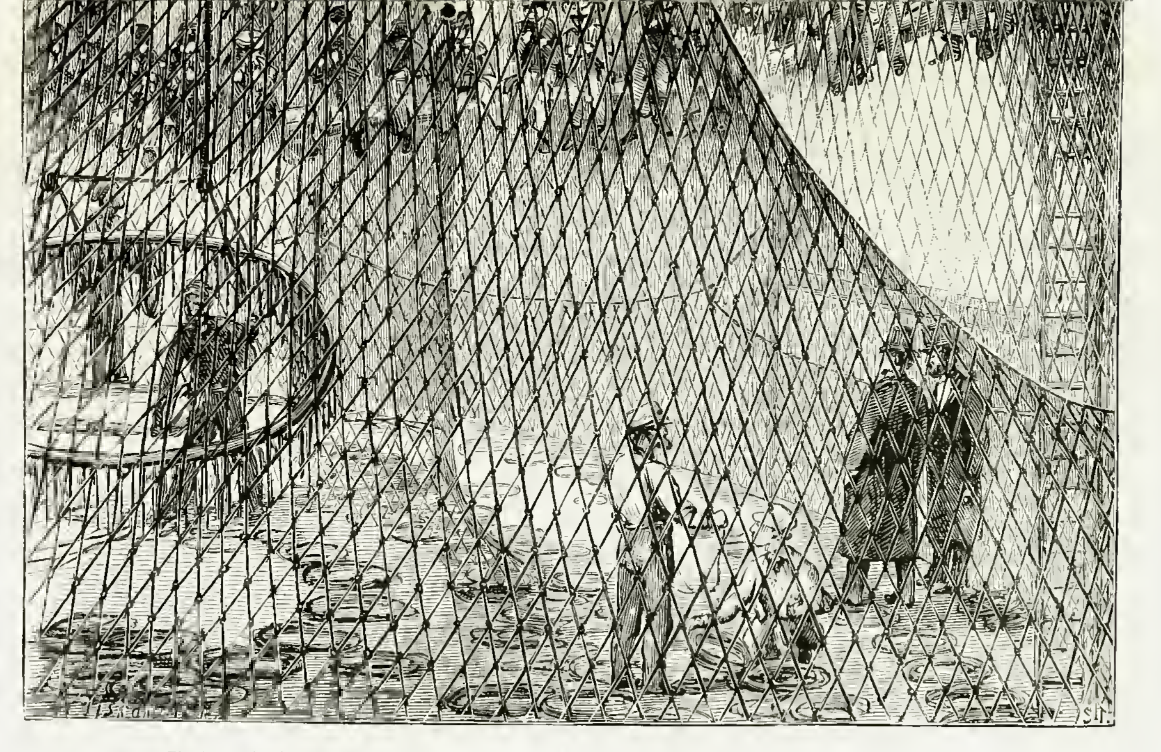


Fig. 5. — Confection du ballon captif. — Fabrication du filet à la corderie centrale de Montreuil.

POIDS DE L'AÉROSTAT. — FORCE ASCENSIONNELLE

Voici les poids des différentes parties de l'aérostat :

Étoffe du ballon avec ses deux soupapes.	5 300 kilogr.
Filet.	3 300 »
Cordes d'attache du filet, cercles, peson, tendeurs de caoutchouc, poulies, etc. .	3 650 »
Nacelle et son arrimage	1 600 »
Poids total du matériel fixe	13 850 kilogr.
Câble (partie enlevée, 600 mètres).	2 500 »
Excédant de force ascensionnelle (avec le câble 5 000 kilogr. indiqués au peson).	2 500 »
50 voyageurs et 2 aéronautes . . .	3 000 »
Sacs de lest, guide-rope, grappins, placés dans la nacelle.	3 150 »
La force ascensionnelle totale est de . .	25 000 kilogr.

Voici le résumé des chiffres qui rappellent les dimensions du matériel.

Diamètre de l'aérostat sphérique.	36 mètres.
Volume	25 000 mèt. cubes.
Hauteur totale depuis la surface du sol jusqu'en haut de l'aérostat arrimé à terre.	55 mètres.

Le ballon captif est installé dans la cour des Tuileries (voy. le plan, figure 2) à une centaine de mètres de distance du lieu où, de l'autre côté du palais, Charles et Robert gonflèrent le premier ballon à gaz hydrogène le 1[er] décembre 1783.

L'ÉTOFFE

Les ballons ordinaires ont été pendant longtemps confectionnés avec une étoffe de soie recouverte d'un vernis formé d'huile de lin réduite par l'ébullition. Depuis que l'on ne se sert plus guère que du gaz de l'éclairage pour gonfler les aérostats, on a remplacé la soie par une simple percaline. — Ces étoffes, très-légères, très-peu résistantes, sont loin d'être absolument imperméables ; elles laissent s'échapper, quelquefois assez rapidement, le gaz hydrogène pur qu'on y enferme.

M. Henry Giffard, pour confectionner un ballon gigantesque, destiné à rester gonflé de gaz hydrogène pendant plusieurs mois, devait employer un tissu très-solide et tout à fait imperméable. Après bien des recherches et bien des essais, il a su résoudre le problème d'une façon complète, et l'étoffe qu'il a imaginée constitue certainement l'un des progrès les plus importants dont il a doté l'Aéronautique. La figure 4 représente l'étoffe du grand ballon captif, décomposée en ses éléments constitutifs; elle est formée de tissus adhérents, superposés dans l'ordre suivant en allant de l'intérieur du ballon à l'extérieur : 1° une mousseline c, 2° une couche de caoutchouc b, 3° un tissu de toile de lin a (très-solide, offrant une égale résistance dans les deux sens du fil et de la trame, de fabrication spéciale), 4° une deuxième couche de caoutchouc naturel b', 5° une seconde toile de lin a', semblable à la précédente, 6° une couche de caoutchouc vulcanisé b'',

7° une mousseline extérieure c'. — Cette mousseline est recouverte d'un vernis, formé d'huile de lin cuite avec une petite quantité de litharge. Le tout enfin est revêtu d'une couche de peinture au blanc de zinc. L'aérostat est tout à fait blanc, afin que sa surface ait un faible pouvoir absorbant des rayons solaires, et que le gaz qu'il contient s'échauffe le moins possible sous l'influence de l'insolation.

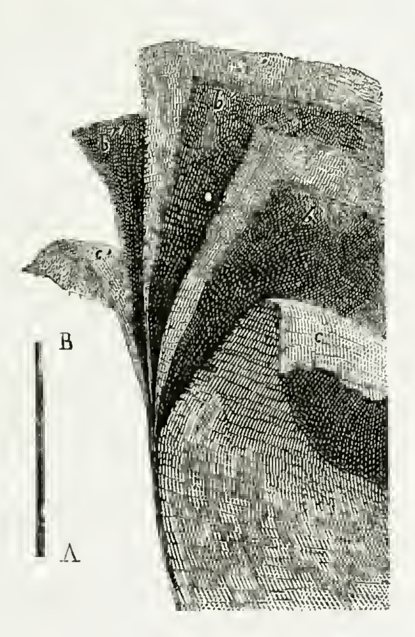


Fig. 4. — Constitution de l'étoffe du ballon captif.

c' mousseline extérieure enduite de vernis. — b'' caoutchouc vulcanisé.— a', a, toiles de lin.—b', b, caoutchouc naturel.— c, mousseline intérieure.— AB, épaisseur de l'étoffe. Coupe.

L'étoffe que nous venons de décrire a été confectionnée par M. Rattier, fabricant de caoutchouc ; les tissus ont été enduits de caoutchouc en passant dans les cylindres, se superposant successivement les uns au-dessus des autres. Cette étoffe a exigé plus de cinq mois de fabrication, et par moments un travail de nuit. Il a fallu, en effet, enduire de caoutchouc 8 000 mètres carrés de toile de lin, et une même surface de mousseline, ou *nansout*, pour former une étoffe à tissus superposés de 4 000 mètres carrés.

LE FILET ET SES CORDAGES

Le filet, destiné à porter le poids considérable de la nacelle, du cercle, des voyageurs, et à maintenir dans l'espace l'immense globe aérien, est fabriqué avec des cordes de 11 millimètres de diamètre. Dans de telles proportions il ne pouvait pas être confectionné au moyen de nœuds, comme cela se pratique habituellement dans les ballons ordinaires (fig. 5). Les nœuds avec une corde de 11 millimètres auraient atteint la grosseur d'un œuf; dans de telles conditions ils formeraient une série de proéminences dures, qui pourraient user et trouer même, l'étoffe de l'aérostat.

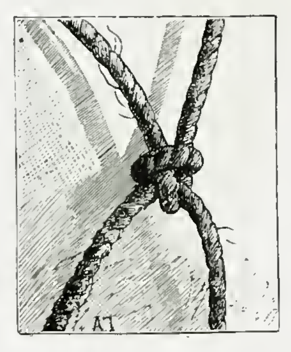


Fig. 5 — Aspect en grandeur d'exécution de l'un des nœuds du filet d'un ballon ordinaire de 2000 mètres cubes. (Ballon du siége de Paris.)

M. Giffard a eu l'idée de faire passer les cordes du filet les unes dans les autres en les entre-croisant; mais comme il s'agissait d'opérer ce travail sur une longueur de cordes de 26 000 mètres, on concevra qu'il était nécessaire d'imaginer un mode de construction tout spécial. La fabrication de ce filet immense s'est opérée dans une corderie spéciale, d'après les plans et les épures de M. Giffard. Un vaste cirque a été construit au milieu de l'usine; trois balcons circulaires y ont été établis, comme le représente notre

grande gravure (voy. p. 12, fig. 5); 110 ouvriers superposés les uns au-dessus des autres pouvaient exécuter successivement les différentes séries de la fabrication; sur le sol du cirque, on procédait à l'entre-croisement des cordes; le filet ainsi ébauché était hissé à la partie

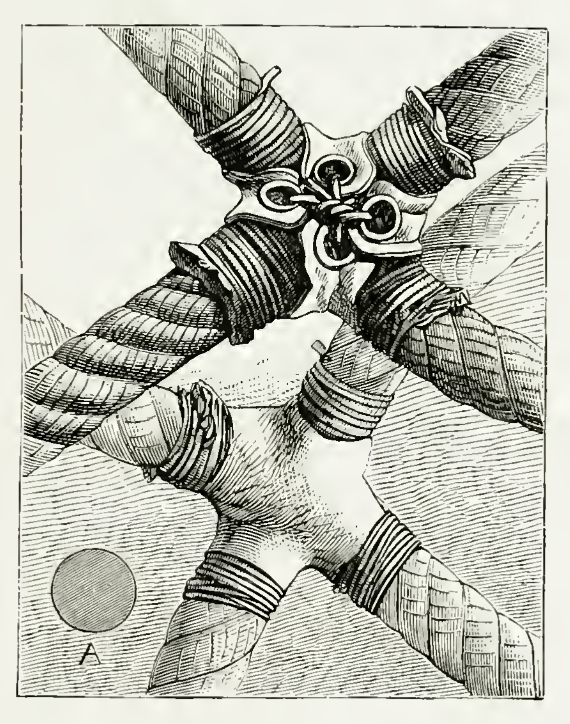


Fig. 6 — Filet du ballon captif. — Aspect en grandeur d'exécution de l'un des 52 000 entre-croisements des cordes. Dessus et dessous. — A. Section de la corde.

supérieure de l'enceinte, et les ouvriers installés sur les balcons circulaires fixaient les cordes aux points de leur entre-croisement, en y faisant de solides ligatures à l'aide de ficelle goudronnée. Cette ligature empêche les cordes de glisser les unes dans les autres et arrête définitivement

la forme des mailles. Les cordes à leur entre-croisement forment encore une saillie qui pourrait par son frottement fatiguer l'étoffe de l'aérostat. M. Giffard a eu l'heureuse idée d'atténuer cet effet en faisant fixer des morceaux de peau à tous les points d'entre-croisement, comme on le voit représenté sur la figure 6. Cette seule opération a représenté un travail considérable,

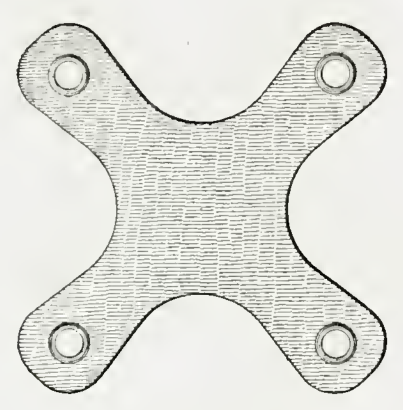


Fig. 7. — Une des 52 000 peaux de gant enveloppant les entre-croisements des cordes du filet. (Grandeur d'exécution.)

puisque le filet du grand ballon captif ne compte pas moins de 52 000 mailles.

Ci-dessus (fig. 7), on voit représentée une des peaux isolées qui ont servi à cet effet. Chaque morceau de peau, découpé en étoile, a été muni de quatre œillets qui ont permis d'y passer les cordes pour les ligatures.

Ces peaux ont été faites avec des peaux de chèvres des Indes. Leur confection a été laborieuse; il a fallu y placer 108 000 œillets; le poids total des œillets seuls est de 26 kilogrammes.

La corderie complète du ballon captif est loin de se borner au filet que nous venons de décrire ; celui-ci n'en forme guère que la moitié. A sa partie inférieure, il est muni d'une quantité considérable de cordes qui glissent dans des poulies, et dont nous représentons ci-contre un des systèmes (fig. 8). Les mouffles placées à la partie inférieure de notre figure donnent les spécimens des 64 de ceux qui se relient aux 16 cordes d'attache sur le cercle. Chacune de ces poulies comprend à sa partie inférieure toute une autre série de cordes dont on peut augmenter ou diminuer la hauteur, pour éloigner ou rapprocher à volonté l'aérostat de la nacelle. Nous reviendrons un peu plus loin sur cette disposition.

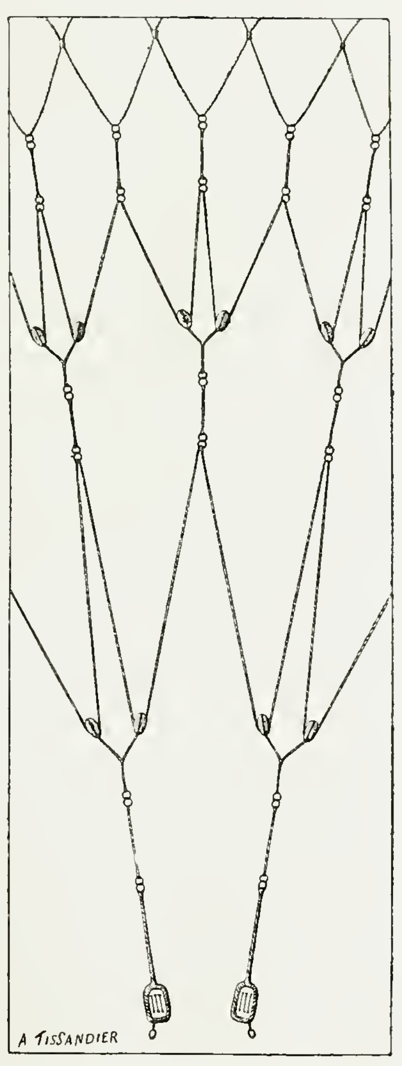


Fig. 8. — Système de cordes et de poulies reliant le filet du ballon captif aux cordes du cercle.

LE CABLE

Le câble destiné à maintenir l'aérostat captif avait une longueur primitive de 600 mètres, mais par l'allongement sous l'action de la traction il a atteint une longueur totale de 660 mètres ; il a été fabriqué dans une des plus importantes corderies de France, à Angers, chez MM. F. Besnard-Genest père et fils et Bessonneau, fournisseurs de la marine. Ce sont ces fabricants qui ont fourni à M. Henry Giffard les câbles des précédents ballons captifs de Paris et de Londres. Le cable est légèrement conique, et son diamètre va en s'accroissant depuis sa partie inférieure jusqu'à sa partie supérieure. Il a $0^{m},065$ de diamètre à l'une de ses extrémités et $0^{m},085$ à l'autre. Pour le rompre à sa partie inférieure la moins résistante, il faut une traction équivalente au poids de 25 000 kilogrammes, traction dépassant de plus du quadruple celle à laquelle il est soumis pendant le service des ascensions. Quant à sa partie supérieure, elle offre une résistance bien plus considérable encore, et supporte sans se rompre un effort de plus de 50 000 kilogrammes.

Pour vérifier la solidité du câble, M. Henry Giffard a confectionné un appareil spécial mis en action par une presse hydraulique d'une puissance considérable. Au moyen de ce système, il a pu le rompre à son gros bout et à son petit bout. Cette opération intéressante a été faite en présence d'ingénieurs délégués par la Préfecture de police pour estampiller le matériel.

La gravure ci-contre (fig. 9) représente la partie supérieure du câble en grandeur d'exécution.

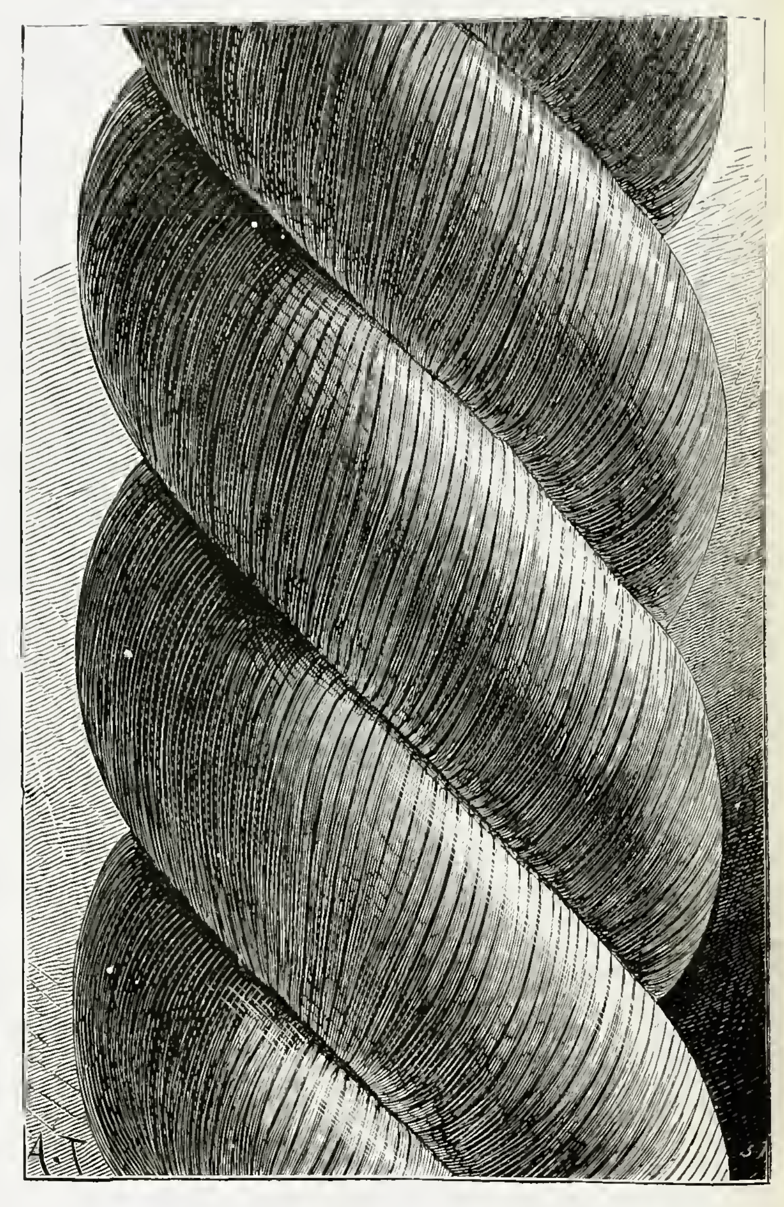


Fig. 9. — Le câble du grand ballon captif. — Aspect en grandeur d'exécution de son extrémité supérieure.

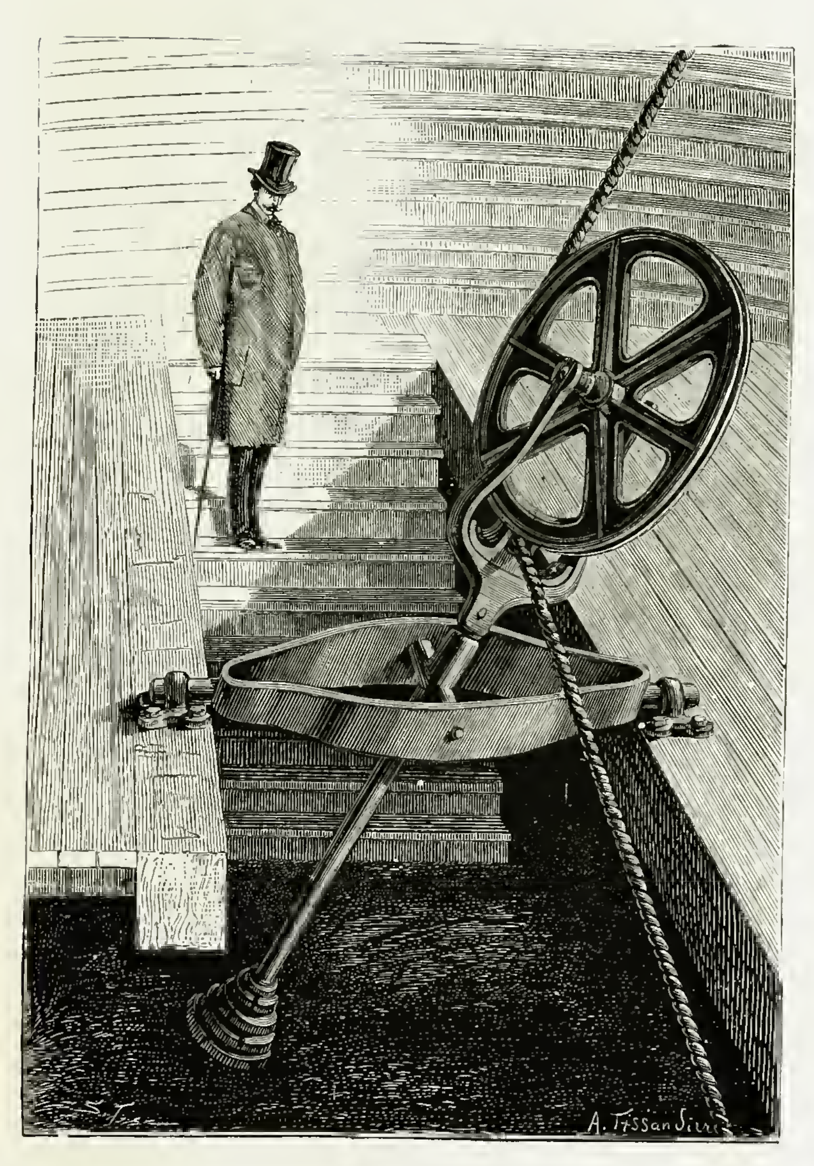


Fig. 10. — Poulie à mouvement universel, où circule le câble du grand ballon captif à vapeur

CONFECTION DU BALLON. — TAILLE DES FUSEAUX. — COUTURE.

La confection du ballon captif s'est exécutée dans un grand atelier qui mesure 28 mètres de longueur sur 14 de large. Cet atelier a été construit dans la cour des Tuileries, du côté du pavillon de Flore, à l'un des angles du terrain qui a été concédé à M. Henry Giffard.

L'étoffe dont nous avons donné la description a été livrée en 46 pièces de 90 mètres de longueur environ, sur $1^{m},10$ de large. Chacune de ces pièces a d'abord été soumise à un étirage qui a eu pour but d'éprouver sa résistance et de vérifier sa solidité.

La fig. 14 (page 28) représente cette intéressante opération. Chaque extrémité de la pièce déroulée est pincée entre deux tiges de fer, serrées à l'aide de boulons ; l'une des extrémités de l'étoffe est attachée à un poteau et maintenue fixe ; l'autre extrémité, que notre gravure montre sur le premier plan, est reliée à un treuil par l'intermédiaire d'un peson qui mesure en kilogrammes l'effort auquel l'étoffe est soumise. Quatre hommes tournent le treuil jusqu'à ce que le peson indique un effort de 1000 kilogrammes ; cet effort dépasse de trois fois au moins celui que la pression du gaz exerce sur le tissu

de l'aérostat gonflé. Il est le tiers de celui qui serait nécessaire pour rompre l'étoffe[1].

Pendant cet étirage, l'étoffe s'est allongée d'une manière très-notable, de 5 pour 100 de sa longueur environ. On l'a laissé soumise à l'action de la traction de 1000 kilogrammes pendant 15 minutes. L'opération n'a pas eu seulement pour but de vérifier la solidité du tissu; elle a été aussi destinée à prévenir ses déformations postérieures sous l'influence de la dilatation du gaz, et à éviter que le vernis superficiel, beaucoup moins extensible, ne puisse craquer ; cela se produirait infailliblement si l'étoffe qui lui sert de support venait à s'allonger. Nous dirons d'ailleurs, une fois pour toutes, que rien n'a été abandonné au hasard dans la confection du ballon captif ; M. Henry Giffard, dans cette construction colossale, a tout soumis au calcul et à l'épreuve.

Quand la pièce d'étoffe s'est trouvé étirée, elle a été enroulée autour d'un cylindre de bois et placée dans un support, en face de la table où l'on a procédé à la coupe des fuseaux.

M. Giffard a étudié l'épure du ballon de manière à obtenir le moins de déchet possible et à multiplier les coutures ; celles-ci, pourvues de leurs bandes, forment en effet un réseau de nervures qui consolident considérablement l'aérostat. Il a voulu enfin que les coutures horizontales ne fussent pas irrégulières, mais formassent sur la surface de la sphère une série de parallèles équidistants et rapprochés.

1. Voyez Appendice ,note B, page 62.

La figure 11 représente, dédoublé en deux parties, depuis le pôle nord jusqu'à l'équateur et depuis l'équateur jusqu'au pôle sud, l'un des 104 fuseaux qui constituent la sphère. Le rayon des soupapes, supérieure et inférieure, est de $1^{m},02$; une surface circulaire de $2^{m},04$ de diamètre est donc réservée au pôle nord et au pôle sud. Chaque fuseau comprend 14 panneaux d'étoffe; ceux du haut et du bas ont $1^{m},60$ de longueur ; tous les autres, $4^{m},20$. Les 14 panneaux sont figurés ci-contre (fig. 11). Il a fallu en couper 104 de chaque espèce. La totalité des panneaux numérotés 0-1, 1-2, 2-3, jusqu'à 13-14, est, par conséquent, de 1456.

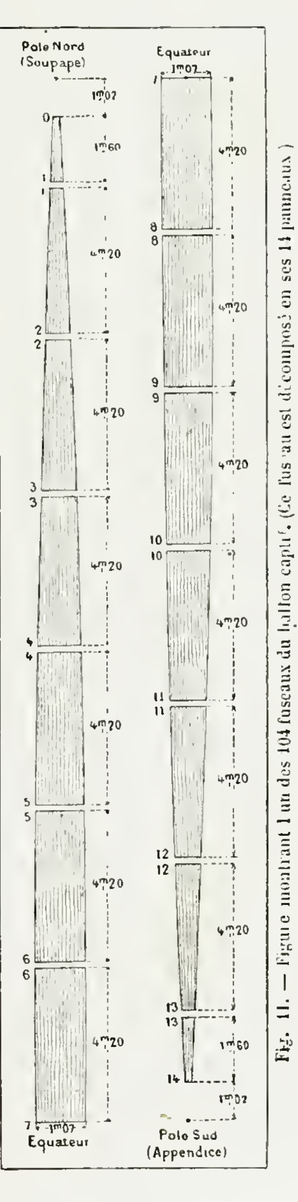


Fig. 11. — Figure montrant l'un des 104 fuseaux du ballon captif. (Ce fuseau est décomposé en ses 14 panneaux.)

La coupe de l'étoffe s'est exécutée à l'aide d'un tranchet spécial, monté sur une solide poignée de bois. Voici la description de l'opération complète. L'extrémité du manche

de bois est appuyée sur l'épaule du coupeur, qui guide et fait agir l'instrument tranchant avec ses deux mains. Huit épaisseurs d'étoffe sont superposées sur la table de découpage (fig. 12) ; on fixe les tissus sur la table à l'aide de clous enfoncés dans l'épaisseur de leur bord ; on les maintient en outre au moyen d'étaux de bois qui les pincent de distance en distance. La coupe s'opère avec le tranchet, que guide une grande règle plate en acier. Le tracé du panneau à couper est fait au crayon en suivant exactement les contours d'un patron en papier.

Le panneau 2-3 est compris deux fois dans la largeur de la pièce ; le panneau 1-2 se coupe dans la largeur avec le panneau 3-4 ; le panneau 0-1 avec le panneau 4-5. La surface presque entière des pièces est ainsi utilisée, et les déchets sont insignifiants.

La figure 11 donne les cotes des panneaux, dont la surface totale forme la sphère de 4000 mètres carrés; mais dans la coupe on a augmenté les dimensions des panneaux de 3 centimètres, afin de réserver la largeur de l'étoffe que nécessite la couture.

Le dessin et les cotes d'un des 104 fuseaux nous donnent exactement toutes les mesures du ballon captif. On voit que les panneaux numérotés 6-7 et 7-8 (fig. 11) ont $1^m,07$ de l'équateur à largeur. En multipliant ce chiffre par 104, nous avons la circonférence de la sphère: $111^m,28$. Nous avons encore la circonférence, en additionnant les hauteurs des panneaux qui forment un fuseau. Soit 12 panneaux à $4^m,20 = 50^m,4$; ajoutons à ce chiffre $3^m,20$ pour les deux panneaux polaires de $1^m,60 + 2^m,04$ pour les deux rayons des soupapes ; nous

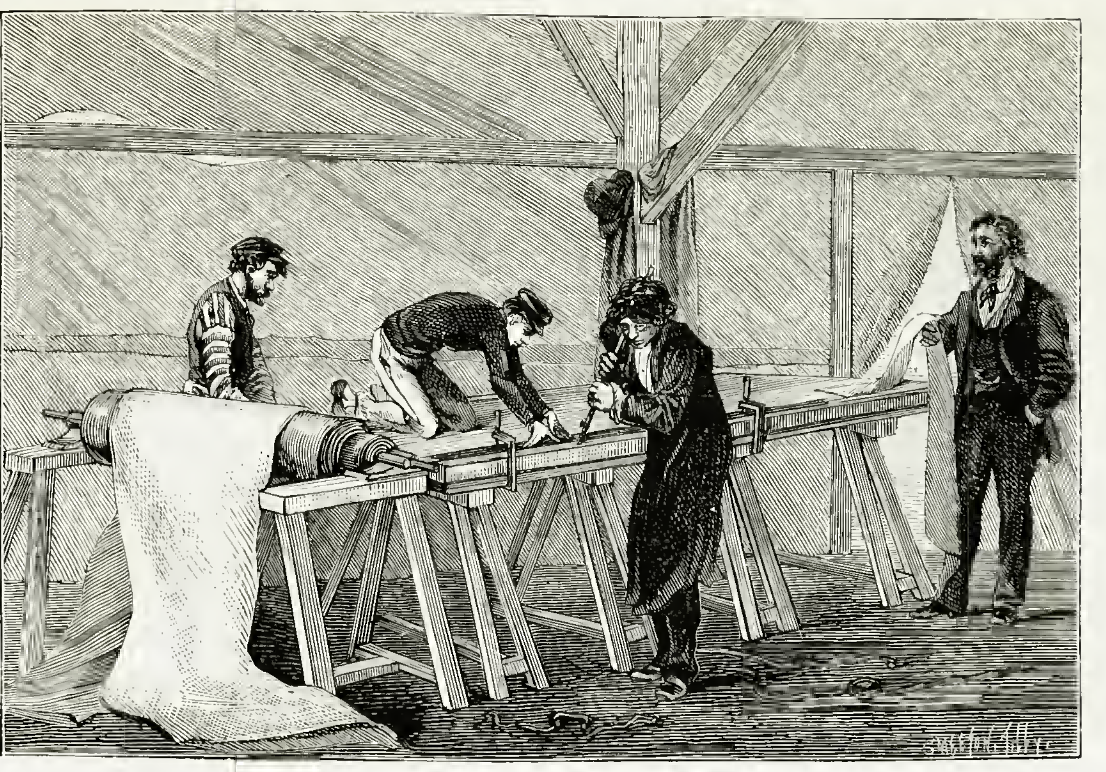


Fig. 12. — Confection du ballon captif. (Coupe des fuseaux

arriverons au total de $55^m,64$ pour la demi-circonférence. Multiplions par 2, nous retrouverons $111^m,28$ pour le méridien comme pour l'équateur.

La circonférence de $111^m,28$ nous donne pour la sphère un diamètre de $35^m,42$ correspondant à un volume de 23000 mètres cubes. Mais avec la tension du gaz dans le ballon gonflé, le volume est augmenté. M. Giffard a calculé, et l'expérience a vérifié ce calcul, que cette tension donne une pression de 3 centimètres d'eau à la soupape inférieure. L'aérostat, sous cette pression, et par suite de son élasticité, atteint 36 mètres de diamètre, correspondant, comme nous l'avons dit, à un cube qui dépasse 25000 mètres.

Les séries de panneaux taillés ont été d'abord méthodiquement rangées sur deux étagères semblables à celle que nous représentons plus loin (fig. 15, p. 28); la première contenait les panneaux destinés à former l'hémisphère nord, la seconde, l'hémisphère sud. Chaque rayon des étagères contenait les 104 panneaux de même grandeur, destinés à former les 104 côtes de la sphère. La couture de cet aérostat de 4000 mètres de surface a été exécutée à la machine à coudre, par 40 ouvrières travaillant sous l'habile direction de M. Rogé, auquel M. Giffard a déjà confié la confection de ses ballons captifs de Paris en 1867 et de Londres en 1868. Pour joindre les 1456 panneaux et unir les 104 fuseaux du ballon, il a fallu faire plus de 15 000 mètres de couture simple ; ce travail a exigé l'emploi de 100 bobines de 500 mètres de gros fil, soit une longueur totale de 50000 mètres de fil.

Notre figure 13 représente la double couture qui unit

deux côtes. Les coutures sont recouvertes de deux bandes : l'une intérieure, formée de mousseline collée avec du caoutchouc liquide ; l'autre extérieure. Celle-ci comprend une couche de caoutchouc vulcanisé interposée entre deux mousselines.

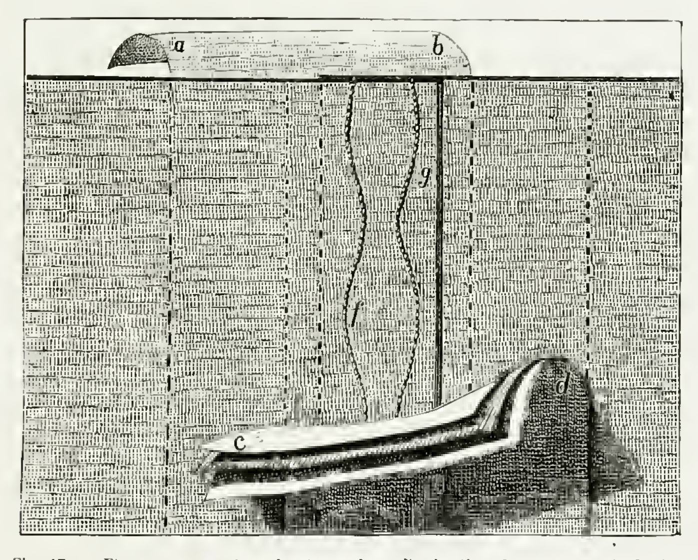


Fig. 13. — Figure montrant en demi-grandeur d'exécution, les coutures du ballon captif et les bandes qui les recouvrent.
g, *f* coutures. — *a*, *b*, bande intérieure. — *c*, *d*, bande extérieure, recouverte de vernis.

Le poids des bandes employées dépasse 550 kilogrammes ; elles ont exigé, pour être collées, plus de 110 kilogrammes de solution de caoutchouc. La longueur des bandes intérieures et extérieures est de 15000 mètres.

Les bandes collées au caoutchouc ont une telle adhérence qu'elles forment pour ainsi dire corps avec l'étoffe, et qu'une fois sèches il est impossible de les séparer du tissu auquel elles adhèrent.

LE VERNISSAGE. — LE GONFLEMENT

L'étoffe de l'aérostat captif, qui, malgré l'activité du fabricant, a nécessité pour sa confection, cinq mois d'un travail sans interruption, a été livrée à M. Henry Giffard dans les premiers jours du mois d'avril 1878. L'étirage des pièces a été terminé le 6 du même mois. La coupe des fuseaux, la couture et le collage des bandes, ont duré plus d'un mois. Les deux hémisphères du ballon ont été terminées le 25 mai.

L'opération du vernissage a été entreprise de suite. On a commencé par l'hémisphère inférieure. Quarante hommes ont transporté l'immense calotte dans un des angles de la cour des Tuileries ; elle a été étalée sur des bâches, et des ouvrières y ont déposé, à l'aide de tampons de laine, le vernis aérostatique[1]. Une fois la première couche sèche, il a fallu en étaler une seconde, puis on a procédé à la peinture au blanc de zinc. Ces opérations ont dû forcément être exécutées en plein air, et les pluies si persistantes du mois de juin ont singulièrement prolongé leur durée. Quand l'étoffe était mouillée par la pluie, il fallait enlever l'eau qui s'était amassée dans ses plis, éponger le tissu, puis attendre qu'il séchât. Le vernissage et la peinture de l'hémisphère supérieure ont été faits de la même façon.

[1] Ce vernis est formé d'huile de lin, additionnée d'une très-petite quantité de litharge, et réduite par une ébullition prolongée.

Fig. 14. — Confection du ballon captif. — Étirage des pièces d'étoffe

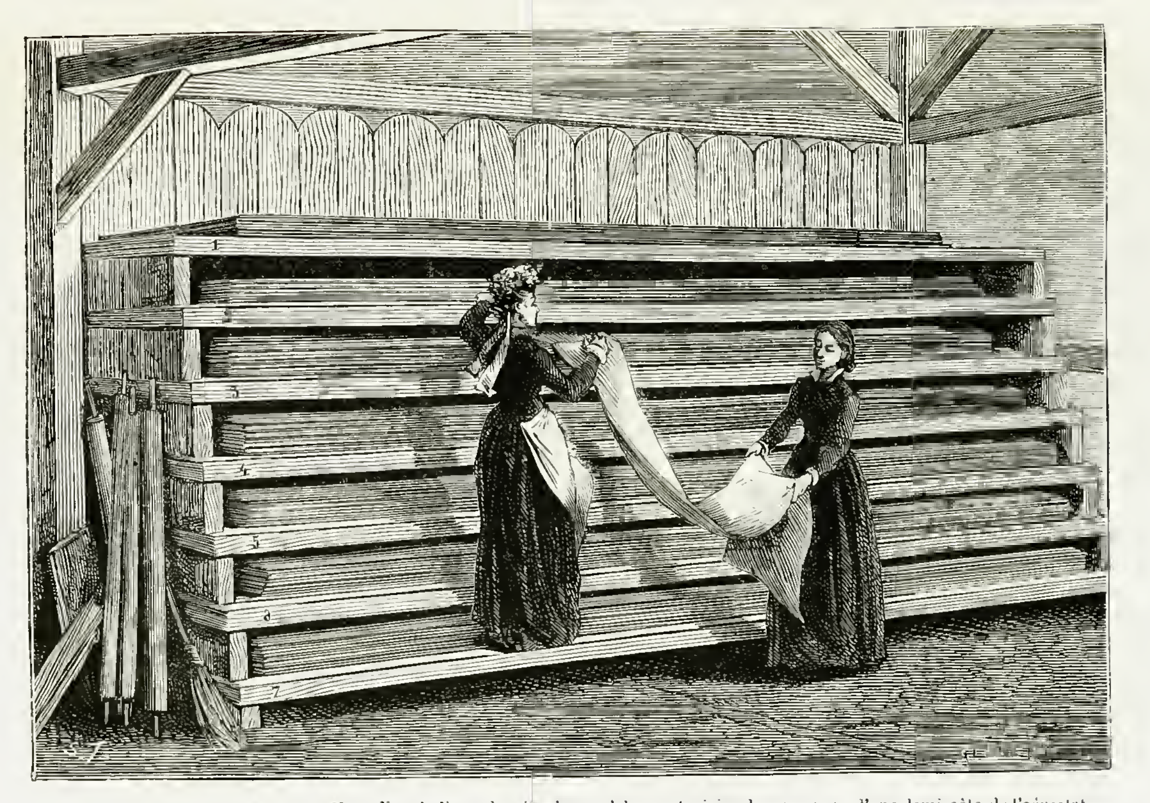
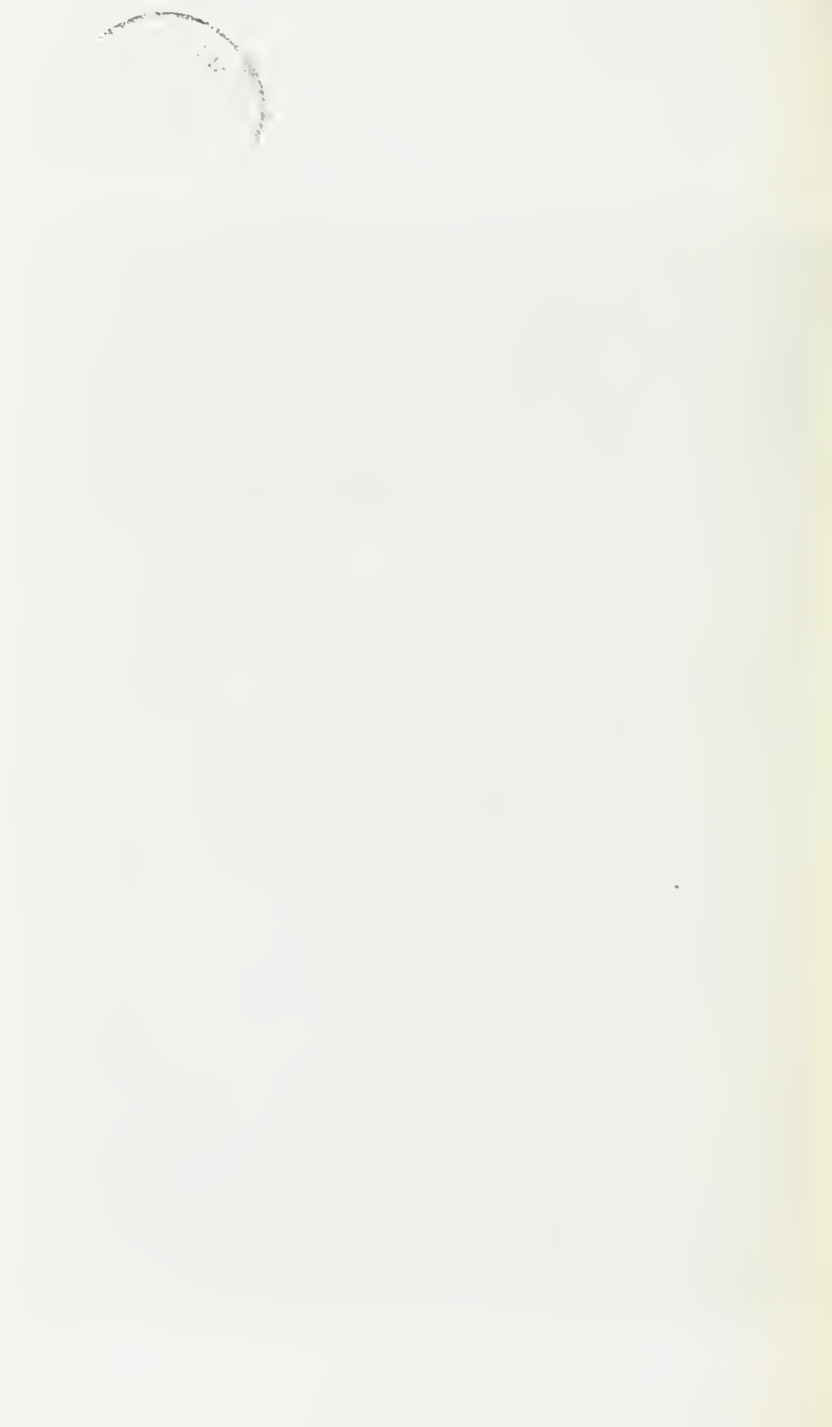


Fig. 15. — Confection du ballon captif. — Vue de l'une des étagères, où les sept séries de panneaux d'une demi-côte de l'aérostat étaient placées avant la couture.



La surface du ballon a nécessité l'emploi de 500 kilogrammes de vernis et de 400 kilogrammes de peinture au blanc de neige (blanc de zinc pur). Ces substances ont été préparées par M. Bertaux, fabricant de vernis, qui s'est fait une spécialité dans la confection des enduits aérostatiques.

L'hémisphère inférieure a été étalée sur la cuvette qui termine le tunnel souterrain. On avait construit sur cette cuvette un plancher provisoire. L'hémisphère supérieure a été posée par-dessus, et on a procédé à la dernière couture équatoriale, à la réunion des deux calottes. La soupape du haut de l'aérostat a été posée le 7 juillet et le gonflement a commencé le 11, au moyen de l'appareil à gaz, dont nous parlerons un peu plus loin.

Le filet de l'aérostat était muni de cordes d'équateur, qui le maintenaient dans une position régulière; une fois que la partie supérieure de la sphère a dominé la surface du sol, on a fixé à toutes les mailles du filet une série de crochets pourvus de cordelettes se ramifiant à de grosses cordes verticales munies de gabillauds. A mesure que l'aérostat se gonflait, on attachait des sacs de lest remplis de sable à chaque gabillaud. Afin que la manœuvre s'opérât régulièrement, les gabillauds étaient alternativement peints en noir et en blanc. Les hommes de manœuvres placés à chaque corde pouvaient ainsi abaisser en même temps et régulièrement, les sacs de lest au fur et à mesure que la sphère s'élevait au-dessus du sol.

Les cordes de gonflement entouraient l'aérostat; elles étaient au nombre de soixante-quatre; elles avaient 55 mètres de longueur et se trouvaient arrimées aux

mailles du filet, comme le montre la figure 16. EE représentent deux cordes, destinées à supporter les sacs de

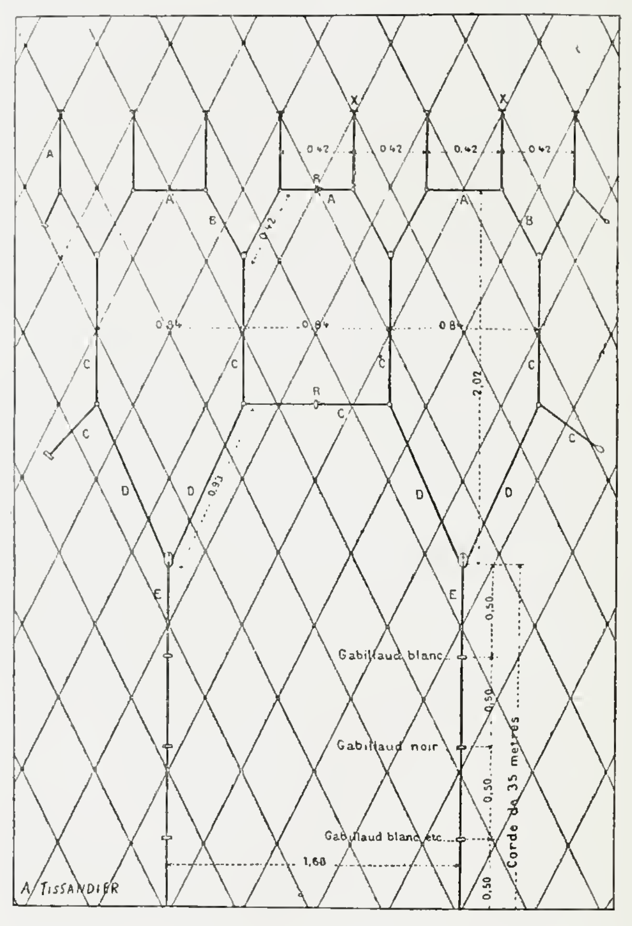


Fig. 16. — Disposition des cordages qui ont été fixés au filet de l'aérostat pendant le gonflement.

lest. Elles étaient reliées au filet par l'intermédiaire des cordes D, C, B, fixées aux mailles par des crochets de fer X, X. Ce système a été retiré après le gonflement. Des

grappes de sacs de lest étaient pendues à tous ces cordages; en outre, les cordes d'amarre, au nombre de seize, étaient attachées obliquement aux anneaux fixés dans les scellements de maçonnerie qui forment dans l'enceinte un cercle de 80 mètres de diamètre. A mesure que le ballon montait, il fallait accroître le nombre de sacs de lest, qui, à la fin de l'opération, a dépassé 1600. Chaque sac pesait 15 kilogrammes.

LE TUNNEL SOUTERRAIN. — LES SCELLEMENTS DE MAÇONNERIE.

La figure 17 donne le plan et la coupe du tunnel souterrain, où s'engage le câble pour passer du treuil T où il s'enroule, jusqu'à l'ouverture de la cuvette CD où il est fixé au cercle de l'aérostat par l'intermédiaire d'un peson placé au milieu de l'espace annulaire de la nacelle. La vue intérieure du tunnel est représentée par la figure 27 (page 52).

Le ballon est amarré à terre par huit cordes de $0^m,085$ qui sont attachées à son cercle d'acier, et qui passent dans les gorges de huit poulies fixées à des scellements de maçonnerie B, B, B (fig. 17). Huit autres scellements de maçonnerie A, A, A.... permettent d'attacher ces câbles à des barres de fer et de les tendre au moyen de treuils. Seize autres scellements sont placés circulairement sur une circonférence de 80 mètres de diamètre, et servent

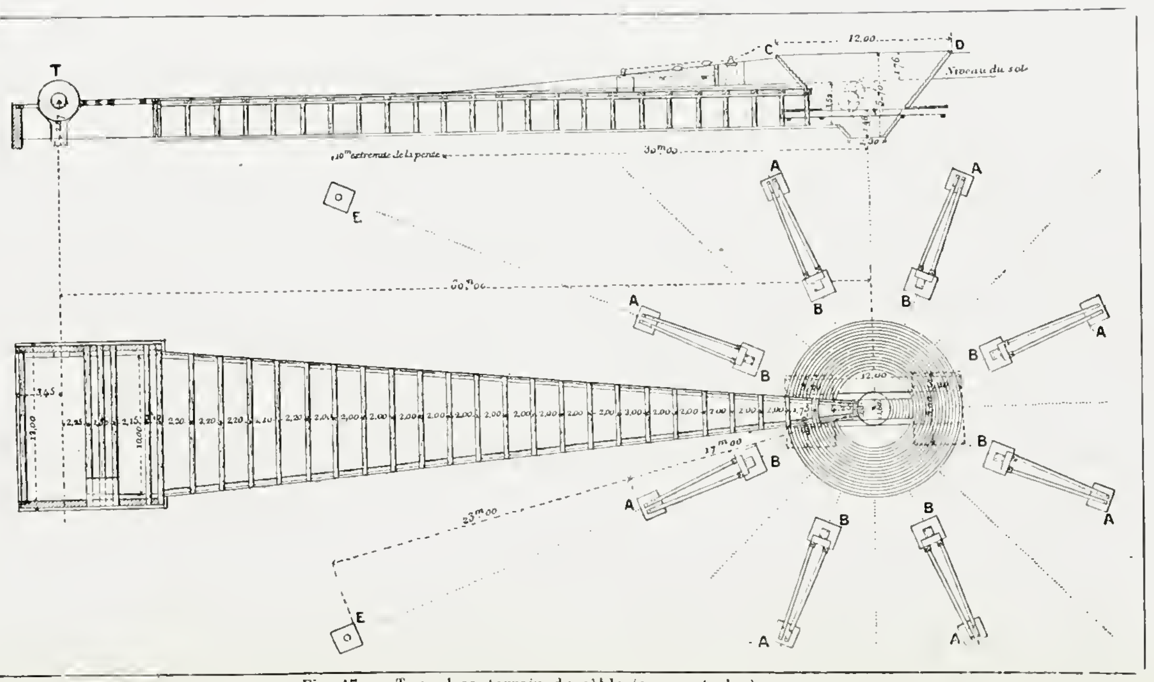


Fig. 17. — Tunnel souterrain du câble (coupe et plan).

à attacher les cordes d'équateur pendant le gonflement. Deux de ces scellements sont représentés sur notre plan en E, E (fig. 17).

Le ballon captif, qui en nombre rond a 4000 mètres carrés de surface (exactement 3924 mètres), offre en projection à l'effort du vent une surface de 1000 mètres carrés. Il a fallu que M. Giffard songeât à construire l'aérostat de telle façon qu'il résistât aux plus grands vents quand il est amarré à terre.

S'il survenait un ouragan d'une violence extrême, de 40 mètres à la seconde, l'effet de l'ouragan se traduirait sur l'aérostat par une action mécanique correspondante à un poids de 35 000 kilogrammes. En admettant que cet effort exerce son effet sur deux cordes d'amarrage seulement, ces cordes auraient à résister chacune à une traction de moitié, soit de 17 500 kilogrammes. Pour donner une juste idée de la solidité du matériel, il nous suffira de dire qu'il faudrait un effort près de trois fois plus considérable de 50 000 kilogrammes pour rompre chacune des cordes d'amarrage prise isolément, et qu'il en faudrait un de 100 000 kilogrammes pour arracher l'un des scellements de maçonnerie. Ajoutons en outre que les vents de 40 mètres à la seconde, que l'on considère dans ce calcul, ne se sont observés à Paris que tout à fait exceptionnellement, et dans des localités bien moins abritées que ne l'est la cour des Tuileries.

Les travaux de maçonnerie et de charpente, que l'installation du grand ballon captif a nécessités, sont considérables; ils ont été exécutés sous la direction de M. Bosc, un de nos plus habiles entrepreneurs, qui s'est fait souvent remarquer par la hardiesse de ses constructions.

LES SOUPAPES. — LA NACELLE. — LES CERCLES D'ACIER. — LE PESON — LA POULIE A MOUVEMENT UNIVERSEL

Les aérostats ordinaires sont munis à leur partie supérieure d'une soupape de bois, formée de deux clapets qui s'ouvrent de l'extérieur à l'intérieur, à l'aide d'une corde que peut tirer l'aéronaute dans la nacelle ; ils se referment automatiquement sous l'action de lanières de caoutchouc qui se tendent à leur partie supérieure. La fermeture hermétique de ces clapets de bois est grossièrement obtenue au moyen d'un mélange de suif et de graine de lin, que l'on applique dans les rainures et les joints de la soupape. Les aéronautes désignent sous le nom de *cataplasme* cette mixture barbare.

M. Henry Giffard a modifié de toutes pièces la construction de la soupape aérostatique.

Celle qui se trouve placée à la partie supérieure du ballon captif, et qui n'existe que comme instrument de précaution, dans le cas très-improbable de la rupture du câble, est une pièce très-considérable. Elle est formée d'un grand disque métallique de $0^m,55$ de diamètre, garni à sa partie supérieure, d'une saillie circulaire métallique qui produit une fermeture hermétique, en venant s'appuyer contre une couronne de caoutchouc. Le disque de la soupape est maintenu appuyé contre l'anneau de caoutchouc, au moyen de ressorts à boudins, comme le montre la coupe ci-jointe (fig. 18). Les aéronautes peuvent ouvrir la soupape en tirant la corde K qui descend

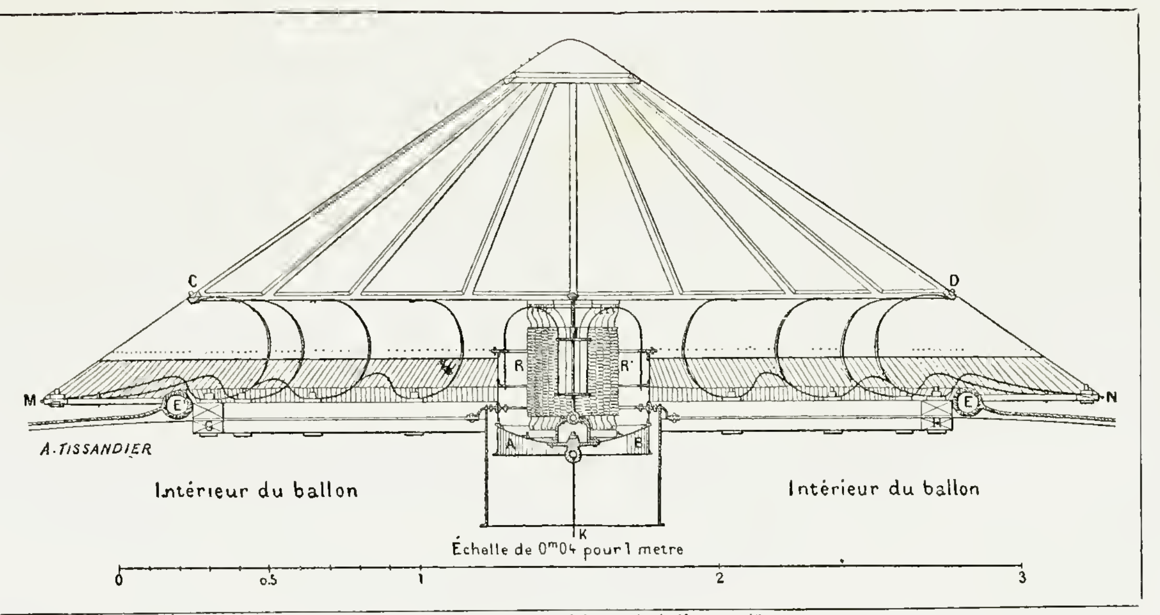


Fig. 18. — Soupape supérieure du ballon captif.

jusque dans la nacelle. La soupape supérieure est montée au centre d'une étoffe très-épaisse circulaire, qui est pincée avec l'étoffe du ballon, dans deux cercles de bois G, H serrés entre eux avec des boulons. C'est autour de ces grands cercles de bois que se trouve posée la couronne en corde du filet E, F.

La soupape supérieure est abritée de la pluie et des intempéries de l'air par une tente d'abri, CD, formée d'une légère charpente de bois, montée sur des ressorts, et recouverte d'une étoffe tendue par des cordelettes autour du cercle M,N.

La soupape inférieure est formée d'un grand disque métallique de $0^{m},80$ de diamètre maintenu par des ressorts d'une grande sensibilité. Ce disque s'ouvre automatiquement sous de très-faibles pressions, pour laisser échapper le gaz en excès sous l'influence de la dilatation. La soupape est montée comme celle du haut dans une collerette d'étoffe épaisse et qui supporte en outre : 1° le tuyau de gonflement; 2° la pièce métallique dans laquelle passe à frottement doux la corde de la soupape supérieure; 3° un *jour* de verre à travers lequel on peut examiner l'intérieur du ballon; 4° un manomètre.

La nacelle du ballon captif est construite en bois de noyer. Elle a une forme annulaire, et présente l'aspect d'un balcon circulaire au centre duquel le câble se relie au cercle supérieur. Cette nacelle a 6 mètres de diamètre, la galerie où circulent les voyageurs est à double fond et comprend seize compartiments qui contiennent des sacs de lest remplis de grenaille de plomb, des cordes d'arrêt, des guide-rope, des ancres d'atterrissage et des grappins de fer. Le balcon circulaire a 1 mètre de large, l'espace

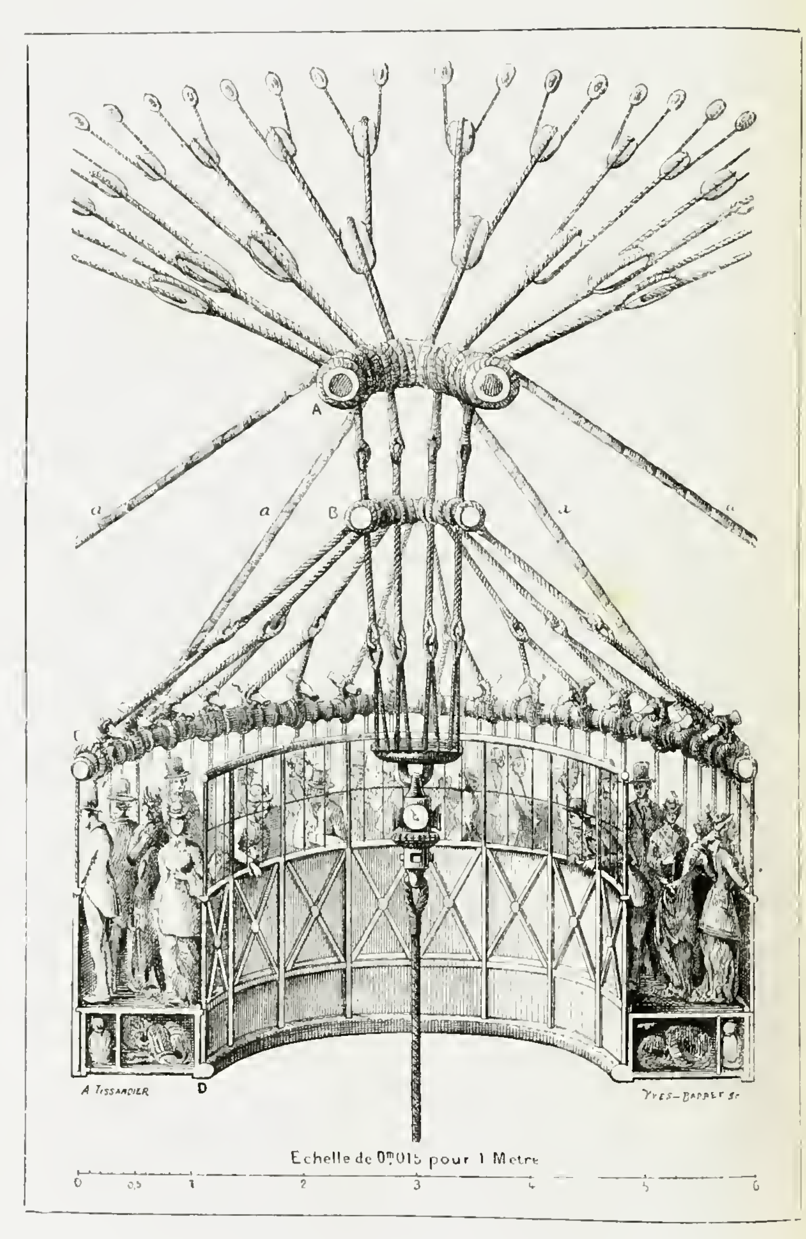


Fig. 19. — La nacelle du grand ballon captif à vapeur (coupe)

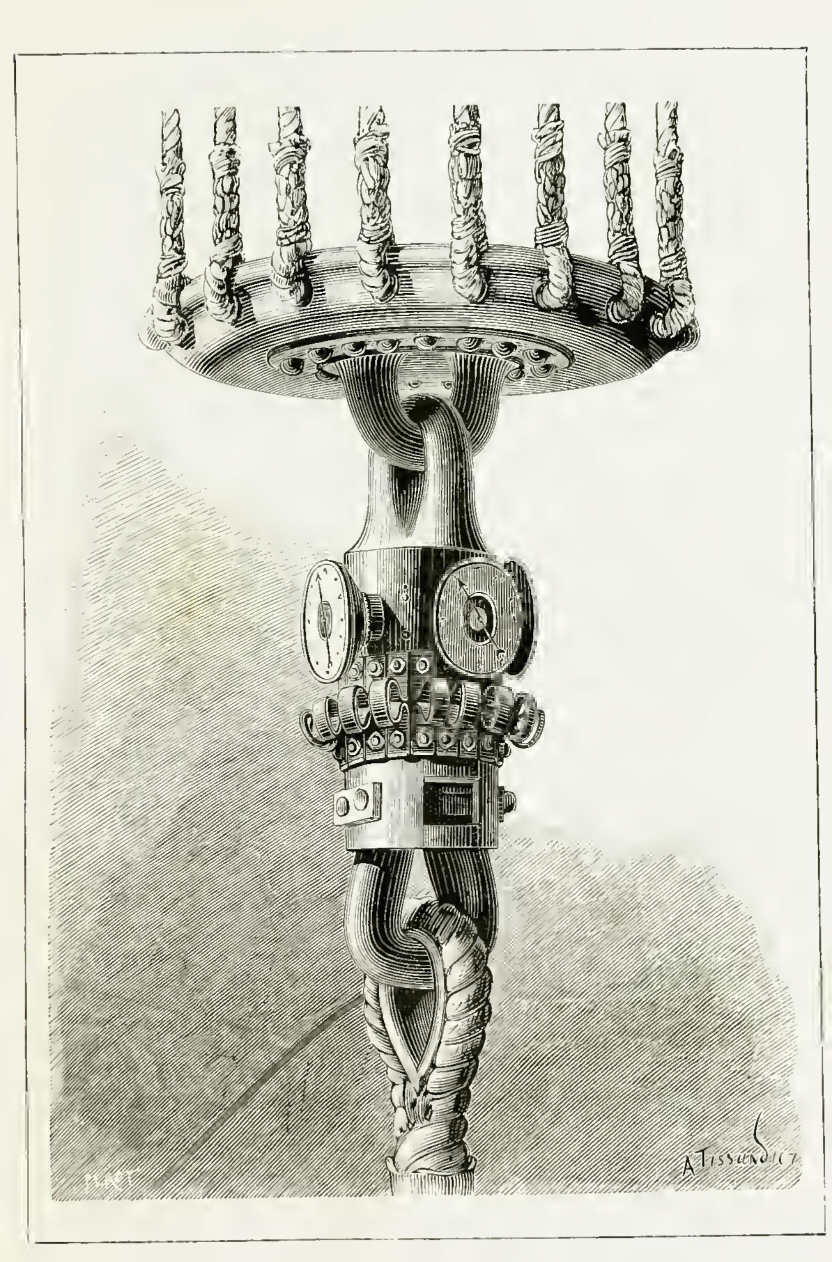


Fig. 20. — Le peson.

annulaire central est de 4 mètres. Le parapet de ce balcon a $1^m,20$ de hauteur.

La nacelle a été fabriquée avec beaucoup de soin par M. Comme; elle est garnie d'une étoffe de drap vert qui orne sa galerie; des cordelettes verticales laissent entre elles un espace suffisant pour que les voyageurs puissent passer la tête, mais non le corps tout entier.

La galerie que nous venons de décrire est attachée par 16 cordes à un premier cercle de bois de 6 mètres de diamètre représenté en C sur notre figure 19. Sur ce grand cercle de bois se trouvent attachées à égales distances les unes des autres 16 boucles de cordes qui s'adaptent à un même nombre de gabillauds de bois. Deux de ces gabillauds se réunissent à une corde fixée au cercle B. La nacelle est ainsi pendue par 8 cordes à ce dernier cercle. Celui-ci est réuni au grand cercle A qui relie tout le système à l'aérostat.

Le grand cercle offre une solidité à toute épreuve. Il est formé d'une couronne creuse en tôle d'acier, remplie intérieurement d'une très-grosse corde, et garnie à l'extérieur d'une armature en bois. Le grand cercle a $1^m,60$ de diamètre extérieur, $0^m,84$ de diamètre intérieur. Il forme un anneau gigantesque, où s'attachent les 16 cordes qui le relient à l'aérostat. Ces cordes se terminent par 16 poulies de $0^m,45$ de hauteur et de $0^m,28$ de large, qui sont unies à 32 poulies plus petites, lesquelles correspondent à 64 mouffles dont nous avons parlé en décrivant les cordages du filet.

C'est encore au grand cercle que sont attachées les huit cordes qui servent à amarrer le ballon à terre. Quatre de ces cordes sont représentées en *a*, *a*, *a*, *a*, sur la figure 19.

Le petit cercle inférieur B également en acier est enveloppé d'un cuir épais ; il comprend : 1° huit cordes qui l'unissent au grand cercle, 2° seize cordes pour joindre la nacelle, 3° huit cordes qui l'attachent au peson fixé au câble.

C'est à dessein que M. Giffard a donné un volume considérable au premier grand cercle ; les cordes qui l'unissent au ballon sont soumises à un frottement considérable à sa surface quand l'aérostat s'incline ; ce frottement entrave les mouvements d'oscillation de la sphère sous l'action du vent, quand elle est amarrée à terre.

Le peson qui unit le ballon au câble est suspendu au centre de l'espace annulaire qui entoure la galerie de la nacelle (fig. 19). Il est représenté en détail par la figure 20. Ce peson est formé de deux cylindres d'acier reliés entre eux par huit ressorts de fer. Quatre cadrans verticaux donnent au moyen d'aiguilles, les efforts de traction en kilogrammes auquel est soumis cette espèce de dynamomètre. Les aéronautes et les voyageurs dans la nacelle, peuvent donc savoir pendant l'ascension quel est l'excédant de force ascensionnelle de l'aérostat, et de quel effort est l'action du vent sur le câble.

Le peson du ballon captif a été gradué avec beaucoup d'exactitude au moyen de poids qu'on y a suspendus, il donne des indications précises pour des tractions variant de 100 à 25 000 kilogrammes.

Une des grandes difficultés de la mise en œuvre du ballon captif, consistait à le fixer à terre au moyen d'un organe qui permît au cable de suivre tous les mouvements de l'aérostat au sein de l'atmosphère. M. Henry Giffard a résolu ce problème avec l'élégance qui caractérise tous

ses travaux. La corde, après s'être enroulée autour de son treuil de fonte, après avoir traversé le tunnel souterrain, passe dans la gorge d'une poulie à mouvement universel, que représente la figure 10, p. 21. — La poulie est montée sur un axe doublement articulé qui lui permet de tourner dans tous les sens et de suivre tous les mouvements du câble. Ce résultat est obtenu par le mouvement du joint universel, et par la rotation de sa chappe. La poulie de fonte est équilibrée par un contre-poids, de telle façon que les mouvements du système ne nécessitent le développement d'aucune force, et que tout se borne à détruire l'équilibre établi. Le contre-poids ramène le système dans la verticale dès que le câble cesse d'exercer une traction. La poulie mesure $1^{m},60$ de diamètre, et l'appareil tout entier a 4 mètres de hauteur. Cette belle pièce a été construite, comme toute la partie du ballon captif, par MM. G. Fiaud et A. Cohendet, les constructeurs bien connus de l'avenue de Suffren. La chappe de la poulie en fer forgé, est à elle seule une pièce remarquable par ses dimensions. Elle a été faite par M. Duménil. La poulie à mouvement universel est soumise à de grands efforts de traction ; aussi est-elle fixée au sol avec une solidité à toute épreuve. Elle est rivée à deux poutres de bois placées au fond de la cuvette conique au-dessus de laquelle l'aérostat est suspendu. Ces poutres ont 12 mètres de longueur, 50 centimètres d'épaisseur et 40 centimètres de largeur. Elles sont scellées à chacune de leur extrémité dans d'épais massifs de maçonnerie.

LE TREUIL. — LES CHAUDIÈRES. — LES MACHINES. — LE FREIN RÉGULATEUR A AIR

Le treuil du ballon captif est incontestablement une des plus remarquables pièces mécaniques de tout le système; aussi le décrirons-nous avec quelques détails. — Avec ses deux roues d'engrenage qui mesurent 5^{m},50 de diamètre, il ne pèse pas moins de 42000 kilogrammes. Son diamètre est de 1^{m},70. Il est creux intérieurement et n'est pas monté sur un axe. Il est formé de cinq manchons en fonte de 2 mètres de longueur, de 0^{m},03 d'épaisseur et de 0^{m},05 aux brides (fig. 21, p. 42). C'est par ces brides que les manchons de fonte sont attachés par 52 boulons de 0^{m},03 de diamètre.

Les cinq manchons de fonte ainsi réunis forment un vaste cylindre dont la surface a été parfaitement aplanie. On y a glissé des anneaux à la surface extérieure desquels se trouvent les spires. Ces anneaux, au nombre de 10, sont également en fonte; ils ont été adaptés sur le cylindre de fonte; ils sont assujettis entre eux comme des manchons d'embrayage et se maintiennent ainsi les uns les autres. Le treuil monté présente donc extérieurement l'aspect d'une vaste bobine, dont la surface est creusée de spires où le câble vient s'enrouler. Il y a autour du treuil 108 tours de spires. Ces spires sont décroissantes comme le câble lui-même. Le treuil est boulonné à ses extrémités aux grandes roues d'engrenage. Il se trouve monté sur deux tourillons portés sur deux paliers de bronze. Ces paliers sont

fixés à deux poutres de bois que soutiennent des murs de maçonnerie.

Les chaudières sont installées au nombre de deux à quelques mètres de distance derrière le treuil; elles sont remarquables par leur grand diamètre; elles ont ainsi une capacité qui leur permet de contenir un grand volume d'eau. Cette masse d'eau fournit la quantité de vapeur que les machines consomment pendant leur marche. L'une des chaudières a été construite par la maison Durenne, l'autre par les usines et chantiers d'Argenteuil. Toutes deux sont semblables. Leur diamètre est de $1^{m},60$; elles ont pu être timbrées à une pression effective de 10 kilogrammes. Sous une telle pression l'effort de traction sur le câble ne serait pas inférieur à 25 000 kilogrammes.

Les machines placées devant le treuil le mettent en rotation par l'intermédiaire de pignons dentés qui actionnent les roues d'engrenage. Elles ont quatre cylindres et sont disposées pour aller à grande vitesse. Chacune des machines a deux cylindres à angle droit de $0^{m},26$ de diamètre et de $0^{m},50$ de course. Pour augmenter la régularité du mouvement, quand une machine a ses manivelles dans une position, l'autre machine a les siennes dans une position intermédiaire, de sorte que le mouvement de rotation est d'une constance presque absolue. Les machines sont de 300 chevaux. Elles sont munies d'une coulisse de changement de marche permettant également la détente. Mais la manœuvre est tellement simple qu'il n'y a pas lieu de s'en servir.

Nous devons faire remarquer que les machines sont à travail intermittent. Quand le ballon s'élève dans l'atmosphère, il fait tourner le treuil autour duquel s'enroule le

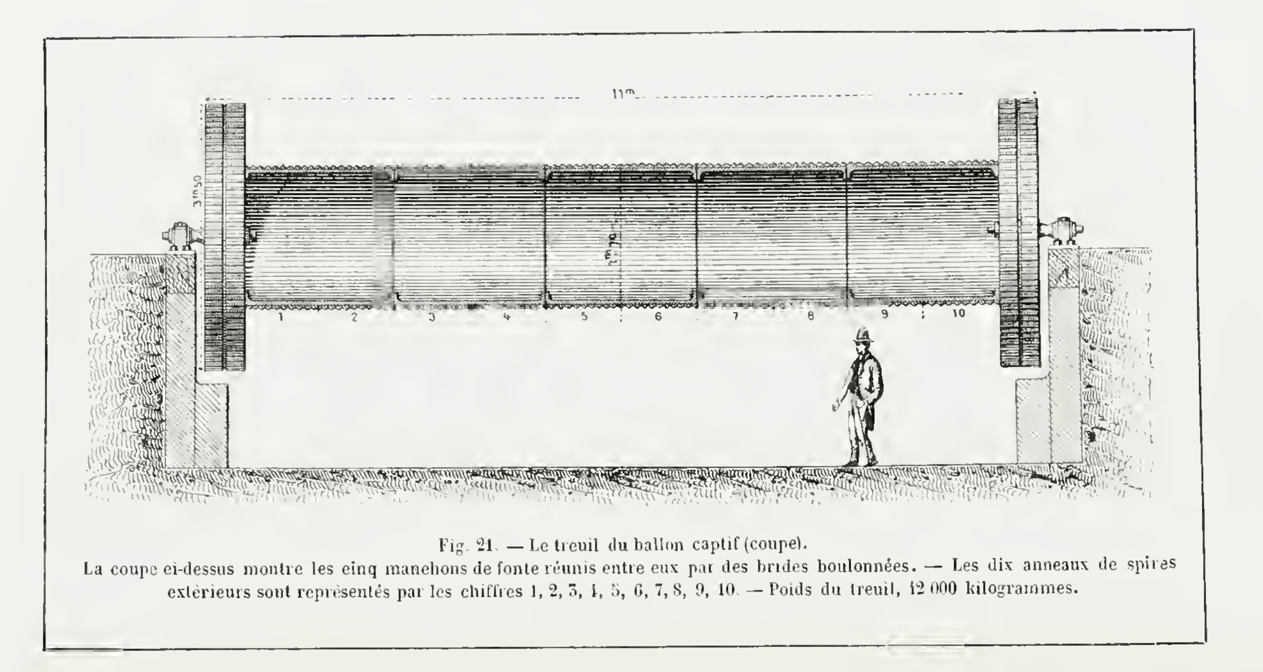


Fig. 21. — Le treuil du ballon captif (coupe).
La coupe ci-dessus montre les cinq manchons de fonte réunis entre eux par des brides boulonnées. — Les dix anneaux de spires extérieurs sont représentés par les chiffres 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10. — Poids du treuil, 12 000 kilogrammes.

câble, et transforme les machines en pompes foulantes. L'air aspiré extérieurement par les pistons ainsi mis en marche, tendrait à être refoulé dans les chaudières, mais il s'échappe par un tuyau spécial et est employé à faire fonctionner un appareil des plus ingénieux que M. Henry Giffard a désigné sous le nom de frein régulateur à air.

Ce mécanisme représenté par la figure 28 (page 53), est adapté à l'un des tourillons du treuil représenté à gauche de notre dessin. L'air refoulé par les machines pendant l'ascension du ballon arrive par le tuyau B et pénètre dans un cylindre C qui porte des ouvertures latérales par lesquelles l'air peut s'échapper. Un piston évidé se meut dans ce cylindre ; il porte des ouvertures rectangulaires qui correspondent avec les premières. On peut au moyen de la manivelle M faire avancer ce piston et offrir un accès plus ou moins grand à la sortie de l'air. Ceci posé, voici comment fonctionne l'appareil. Le tourillon du treuil en tournant pendant l'ascension, imprime un mouvement de rotation à la vis V ; celle-ci fait avancer l'écrou R, qui vient butter le levier EG ; ce levier tourne sur un axe G en soulevant son contre-poids H, et ferme peu à peu en faisant tourner le piston les ouvertures latérales du cylindre C.

Arrivé à l'extrémité de son ascension, l'aérostat s'arrête peu à peu, insensiblement, sans mouvement brusque qui, à la longue, endommagerait le câble. Cet arrêt se fait automatiquement, à tel moment voulu de l'ascension.

La partie mécanique de l'installation du grand ballon captif, peut être considérée comme un modèle de sûreté, de solidité, d'élégance ; nous en représentons l'ensemble ci-contre (fig. 22). Au premier plan on voit le mécani-

cien qui fait monter ou descendre l'aérostat, en ouvrant l'un ou l'autre des deux robinets placés à portée de sa main. Les deux chaudières sont représentées dans le fond du dessin.

L'APPAREIL A GAZ HYDROGÈNE

Les anciens aéronautes qui utilisaient la méthode de production de l'hydrogène par voie humide, se servaient habituellement d'appareils qui représentaient grossièrement ceux que les chimistes utilisent dans les laboratoires. Un ou plusieurs tonneaux contenaient du fer et de l'eau, on y versait l'acide sulfurique nécessaire pour déterminer la formation de l'hydrogène[1]. La réaction, d'abord trop tumultueuse, devenait d'autant plus lente que le sulfate de fer prenait naissance avec plus d'abondance, le métal s'encroûtant en quelque sorte du sel formé; après le dégagement du gaz, une épaisse cristallisation s'amoncelait au fond des récipients, et souvent il fallait les briser pour en retirer le résidu. Cette méthode était grossière.

M. Giffard, après l'avoir utilisée lui-même, en a immédiatement saisi les inconvénients. Il a compris que pour obtenir, par cette réaction, un dégagement abondant et continu d'hydrogène, il fallait éliminer, au fur et à mesure de sa naissance, le sulfate de fer résidu de l'opération et mettre sans cesse en présence de nouveaux éléments de la production du gaz.

M. Henry Giffard a construit, en 1877, un premier ap-

[1] Voy. *Appendice*, note C, page 65.

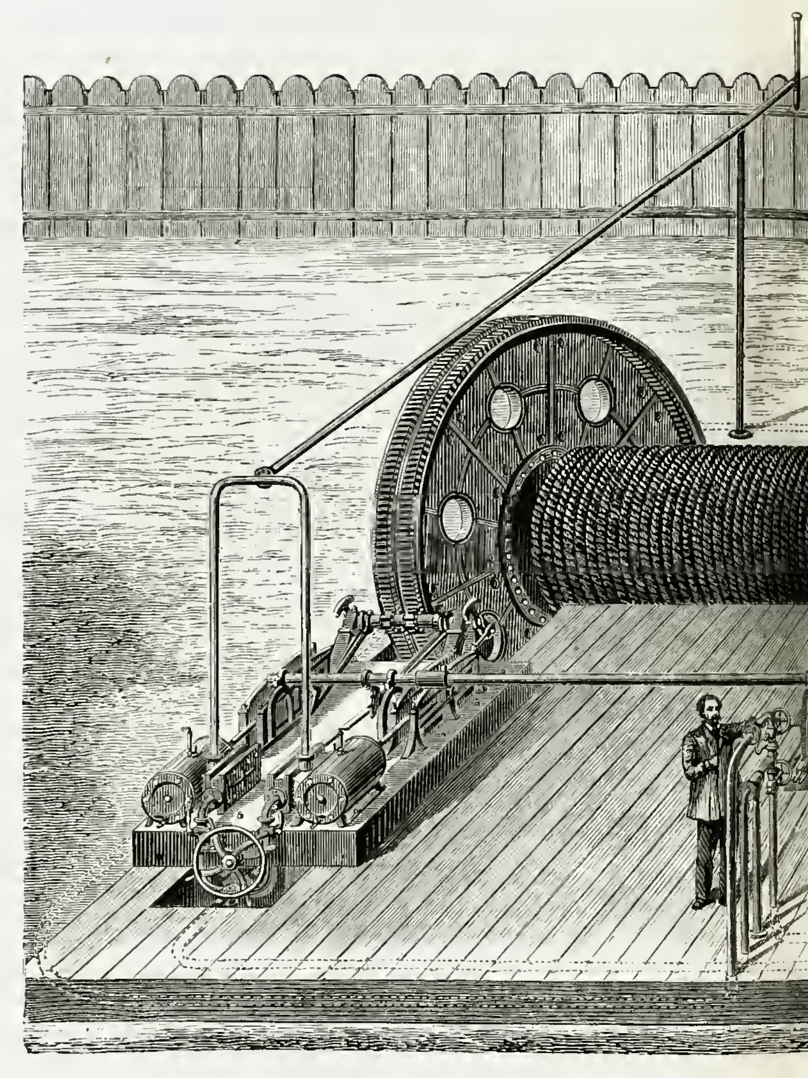
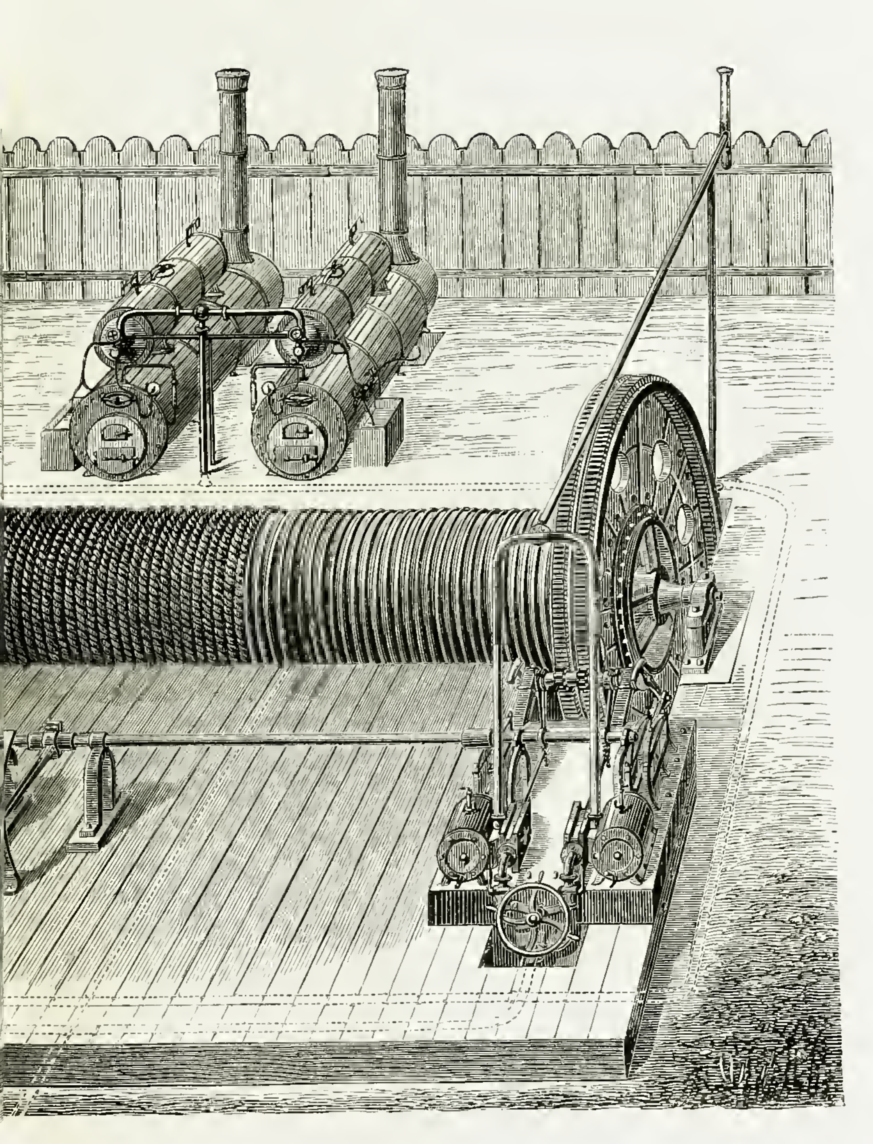


Fig. 22. -- Les machines, le treuil et le



chaudières du grand ballon captif à vapeur.

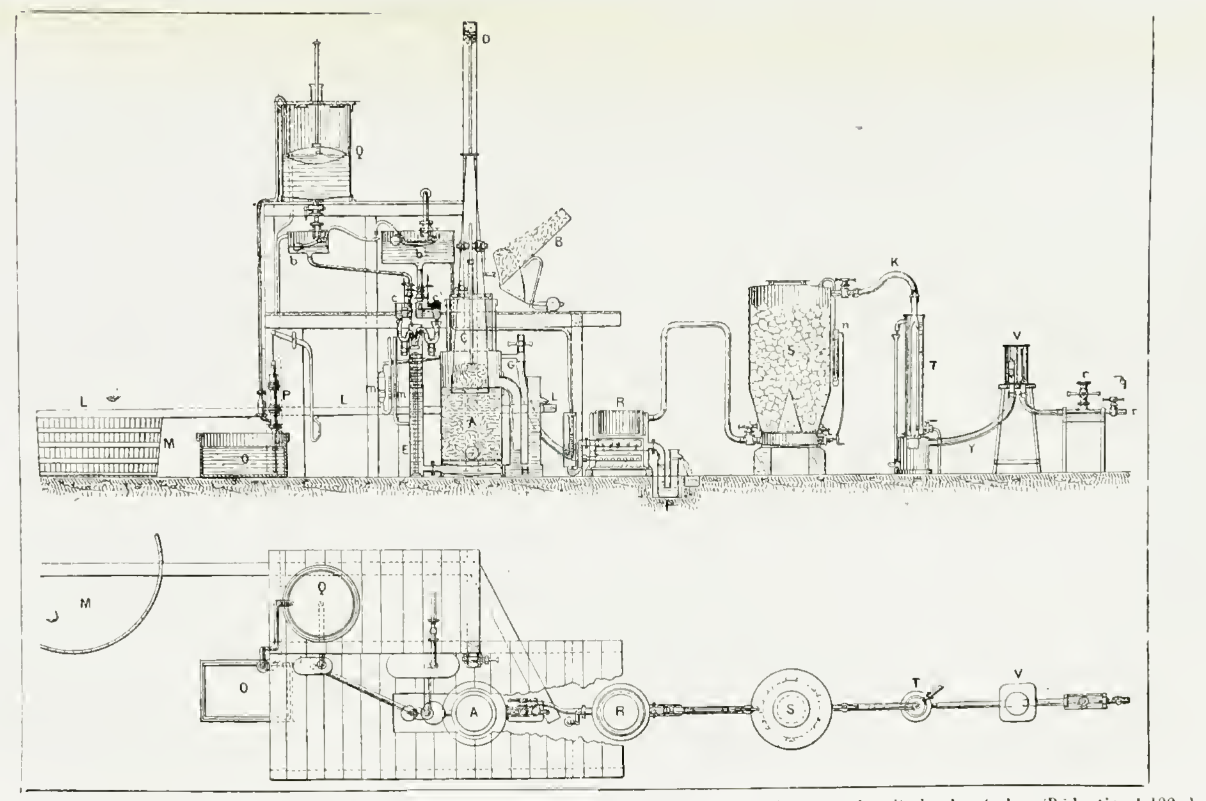


Fig. 25 — Appareil d'essai de M. Henry Giffard pour la préparation de l'hydrogène par voie humide, coupe longitudinale, et plan. (Réduction 1/100.)

pareil de production de l'hydrogène par voie humide. Nous le décrirons d'abord, car il nous servira à faire comprendre, en peu de mots, celui qui est installé actuellement dans la cour des Tuileries.

La figure 23 est la reproduction exacte et complète de ce premier appareil. Le générateur A est la pièce essentielle du système. C'est là que l'hydrogène prend naissance. La tournure de fer est introduite à l'aide du plan incliné B que l'on peut à volonté faire basculer. Elle tombe dans le large conduit C, disposé comme le gueulard d'un haut fourneau, et mis à l'abri de l'air extérieur par une fermeture hydraulique mobile que l'on soulève au moment du remplissage à l'aide d'une corde enroulée dans la gorge d'une poulie D. La tournure de fer remplit l'espace intérieur du vase A jusqu'à une plaque inférieure percée de trous et formant double fond. L'eau mélangée d'acide sulfurique arrive par le tube E à la partie inférieure du vase A. Elle s'y élève et dissout avec énergie la tournure ; l'hydrogène produit se dégage avec abondance et s'échappe par le tube G. Le sulfate de fer en dissolution s'écoule par le tube en U, H, et se déverse par une canalisation LLL dans le baquet M. L'eau chargée d'acide sulfurique soulève par bouillonnement la tournure de fer, et les éléments de la réaction se trouvent constamment en contact si intime que la production du gaz, à poids égal de substances, est trente fois environ plus considérable que dans l'emploi des appareils ordinaires. Le vase A où s'opère la réaction est intérieurement garni d'épaisses feuilles de plomb sur lesquelles l'acide est sans action, la réaction peut être des plus énergiques sans qu'il puisse en résulter aucun inconvénient. Telle est

en quelque sorte l'âme du système, mais on va voir que pour en assurer le fonctionnement régulier, il a fallu le compléter par toute une série de dispositifs ingénieux et bien étudiés.

L'acide sulfurique amené dans des fûts est déversé dans le réservoir O. Une pompe P le fait monter dans un

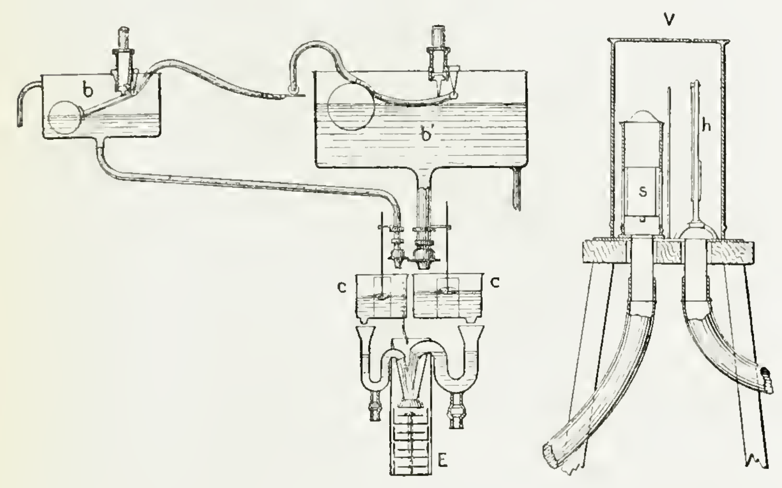


Fig. 24. — Détails des vases *b* et *b'* et des mesureurs d'eau et d'acide *c'* et *c'* de la figure 23.

Fig. 25. — Détails du vase V de la figure 23.

bassin supérieur Q pourvu d'un flotteur qui en indique constamment le niveau.

Un tube inférieur muni d'un robinet doré, afin d'éviter les morsures du liquide corrosif, conduit l'acide sulfurique dans un vase oblong *b*. L'eau de la ville est amenée de la même façon dans un vase semblable *b'*. Deux flotteurs interceptent d'eux-mêmes l'écoulement des liquides quand ils ont atteint un certain niveau : ces flotteurs se soulèvent avec les liquides et quand les vases sont pleins,

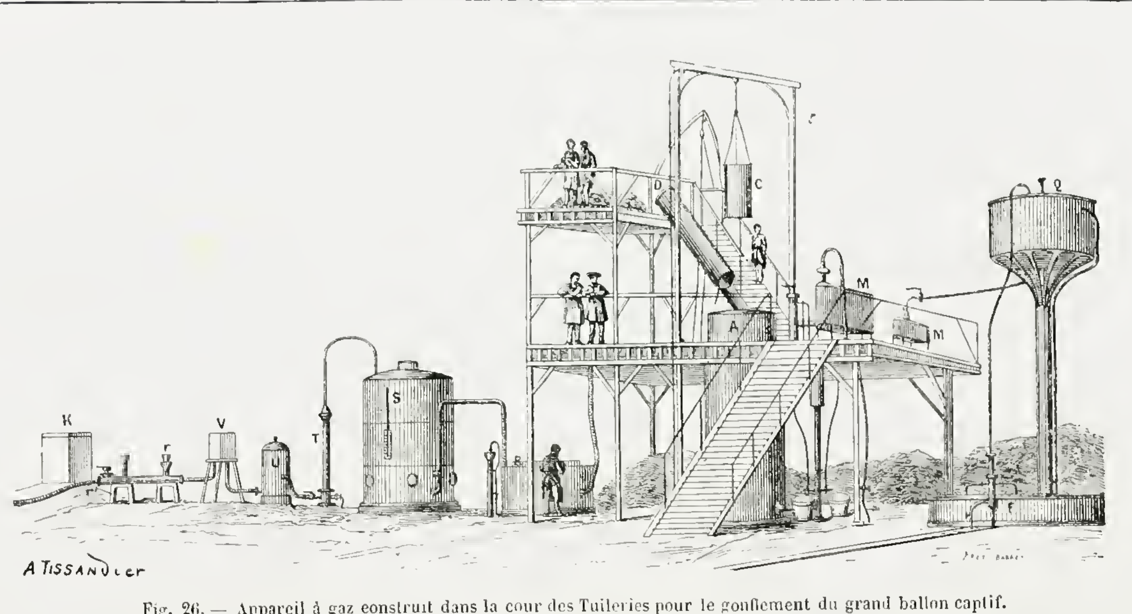


Fig. 26. — Appareil à gaz construit dans la cour des Tuileries pour le gonflement du grand ballon captif.
Cet appareil peut produire 2000 mètres cubes d'hydrogène à l'heure.

ils ferment l'ouverture des tuyaux au moyen de soupapes qu'ils font agir par l'intermédiaire de leviers articulés. Par une disposition très-élégante, si l'eau vient à manquer, le flotteur à eau, en s'abaissant, agit par une tige sur le flotteur à acide, et détermine la fermeture du tube adducteur de ce dernier liquide. On voit que tout fonctionne automatiquement avec la plus grande régularité.

L'acide passe du vase *b* dans le vase *c* et l'eau dans le vase *c'*; ces liquides se déversent dans ces récipients par des robinets à vis dont on peut régler le débit. Les vases *c* et *c'* sont munis à leur partie inférieure d'un ajutage à section invariable. En réglant l'écoulement des liquides dans ces vases, de manière que leur niveau reste constant, on est assuré que le débit par l'ajutage inférieur est parfaitement régulier (fig. 24). Des vases *c* et *c'* l'eau et l'acide arrivent par l'intermédiaire de deux entonnoirs fixés à deux tubes en U, dans le cylindre E, intérieurement garni de *chicanes* qui faisant tomber les liquides alternativement à droite et à gauche en opèrent le mélange intime. L'acide sulfurique et l'eau arrivent ainsi en proportions déterminées dans le récipient A où s'opère la réaction comme nous l'avons indiqué précédemment. Deux manomètres *m m'* indiquent, le premier, la pression dans l'intérieur du vase A, le second, la résistance du frottement déterminée par l'écoulement du liquide dans le tube E (fig. 25).

L'hydrogène formé s'écoule par le tube G. Il se rend dans le laveur R. Le gaz s'échappe à travers une série de tubes percés de trous et immergés dans l'eau; il traverse ainsi de bas en haut le liquide qui lui-même tombe méthodiquement en pluie à la partie supérieure de l'appa-

reil et se déverse au dehors par le tube *p* contourné en forme de U.

Après avoir passé par le laveur, l'hydrogène traverse le dessiccateur S. C'est un grand cylindre rempli de chaux vive qui arrête la vapeur d'eau entraînée, ainsi que l'excès d'acide qui a pu échapper à l'action du laveur. Le gaz arrivé à la partie inférieure de ce dessiccateur traverse une plaque percée de trous au-dessus de laquelle on a entassé la chaux. Un manomètre différentiel *n*, signale les obstructions qui peuvent se faire et auxquelles on remédie facilement en *ringardant* la chaux vive par des ouvreaux que l'on dégage à la partie inférieure de l'appareil (fig. 25).

Du dessiccateur S, le gaz passe par le tube K dans le réfrigérant T. Il circule dans un tube contenu au milieu d'un cylindre formant un espace annulaire extérieur sans cesse traversé de bas en haut par un courant d'eau froide. Le gaz arrive enfin par le tube Y dans une cloche de verre V, contenant un système nouveau et ingénieux qui permet d'en mesurer le débit. C'est un large tube de cuivre, disposé verticalement et dans lequel on a pratiqué une mince fente latérale. Ce tube renferme une soupape cylindrique creuse S (fig. 25) très-légère qui peut y glisser de haut en bas et de bas en haut sans aucun frottement contre les parois. Elle est en un mot absolument libre. Quand le gaz arrive dans le tube, il soulève cette soupape et s'échappe par la fente latérale ; il la soulève d'autant plus que le dégagement est plus abondant : la hauteur de fente démasquée se trouve être la mesure directe du débit. Dans ce même vase V, est installé un hygromètre à cheveu *h* et un thermomètre ; plongés dans le gaz même,

ils en indiquent l'état de sécheresse et de température. On y pend aussi une feuille de papier de tournesol bleu qui montre que le gaz n'est pas acide.

L'hydrogène se dégage enfin par le robinet *r* (fig. 25) ; le robinet *r'*, placé à côté de celui-ci sert à faire les prises d'essai. Les expériences ont démontré que le gaz offre à peu de chose près la densité théorique, et que sauf des traces inappréciables de substances étrangères, il est aussi pur qu'il est possible de l'obtenir dans une opération industrielle.

L'appareil à gaz que nous venons de décrire a fonctionné à plusieurs reprises à l'usine Flaud et Cohendet en 1877 ; il a servi au gonflement de plusieurs aérostats qui ont été conduits en ascension libre.

Le nouvel appareil que M. Henry Giffard a construit dans la cour des Tuileries pour le gonflement du ballon captif est représenté par la figure 26. Il ne diffère du précédent que par ses proportions beaucoup plus considérables et par le perfectionnement de la plupart de ses organes. Cet appareil peut produire 2000 mètres cubes d'hydrogène à l'heure.

L'acide sulfurique apporté dans des tonneaux qui contiennent 5000 kilogr. de ce liquide est déversé dans un réservoir K où il s'écoule par un tuyau souterrain dans un bassin circulaire F. Un injecteur à vapeur l'élève dans le réservoir supérieur Q, d'où il pénètre dans le générateur A. Les compteurs de débit M et M' déversent par des fentes latérales l'eau et l'acide, qui se mélangent ainsi dans des proportions déterminées et réglées : R représente le laveur à eau, S l'épurateur à chaux, T le réfrigérant, V le compteur du volume écoulé précédé d'un appareil U où le

gaz abandonne les dernières traces de poussière de chaux; *r* est le robinet de prise d'essai, *r'* celui de gonflement; une soupape de sûreté est comprise entre les deux.

On a consommé pour le gonflement du ballon captif, qui a été opéré par M. Giffard avec le concours de M. Corot, ingénieur de la maison Flaud et Cohendet, 190 000 kilogr. d'acide sulfurique à 52° (acide des chambres de plomb) et 80 000 kilogr. de tournure de fer.

L'ASCENSION. — LE PANORAMA DE PARIS. — LE VERTIGE. CONSEILS AUX VOYAGEURS. — LA MÉDAILLE COMMÉMORATIVE. L'OBSERVATOIRE AÉRIEN

Le ballon captif est fixé à terre par ses huit câbles d'amarre, seize hommes d'équipe les détachent, l'aérostat se soulève, il s'agite comme un oiseau gigantesque impatient de prendre son vol. La passerelle glissée sur la cuvette va rejoindre la porte d'entrée de la nacelle. Une quarantaine de voyageurs la traversent, ils prennent place dans la galerie, où deux aéronautes donnent le signal du départ. Le ballon s'élève avec la légèreté de l'hirondelle. On monte sans secousse; la terre s'éloigne, le tableau de Paris s'offre aux regards, puis l'horizon des campagnes avoisinantes s'ouvre bientôt en un panorama éblouissant, en un cercle immense de plus de 100 kilomètres de diamètre. Les grands spectacles aériens, couchers de soleil incomparables, surface du sol en pleine lumière, nuages mamelonnés et vaporeux, sont désormais accessibles à tous, grâce à ce nouveau tramway aérien.



Fig. 27. — Le tunnel souterrain du câble du ballon captif. Vue prise du côté du treuil dans sa plus grande largeur. Ce tunnel va en diminuant depuis le treuil jusqu'à la poulie de l'aérostat.

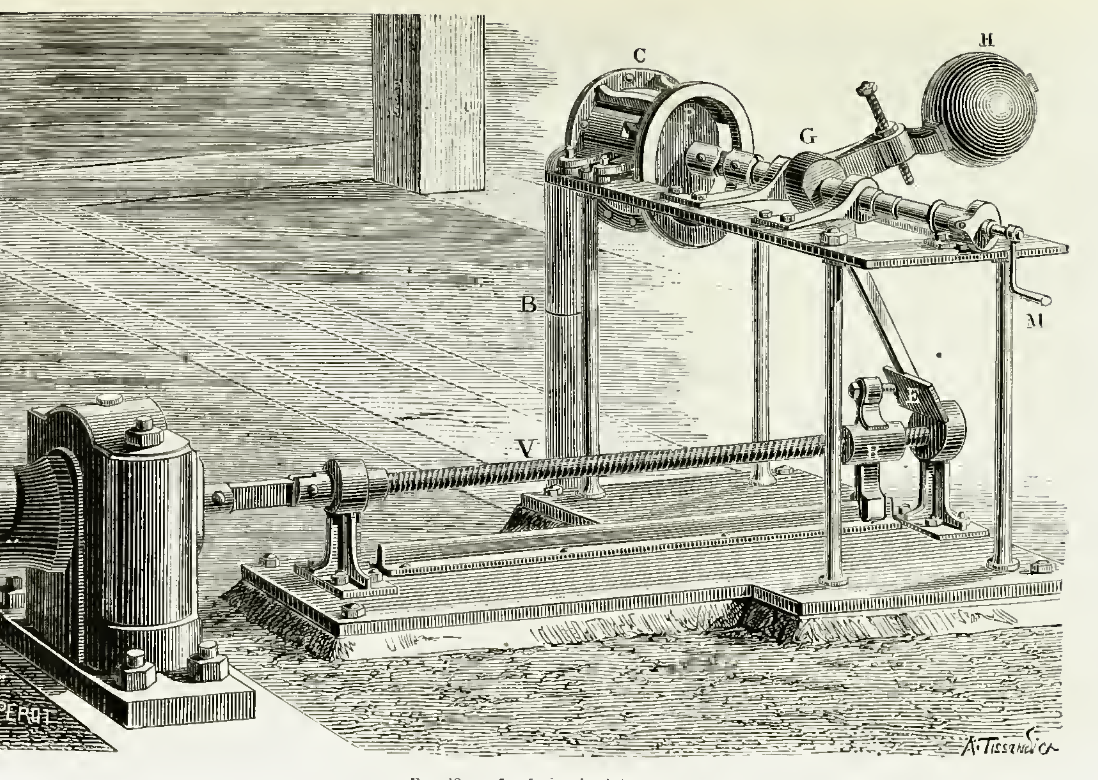


Fig. 28. — Le frein régulateur.

On monte, on monte jusqu'à l'altitude de 600 mètres, où l'aérostat s'arrête à l'extrémité de son câble, à la hauteur de treize arcs de triomphe superposés (fig. 29). Si l'air est calme, le câble tendu par la force ascensionnelle de l'aérostat est rigide et vertical comme une barre de fer; si l'air est vif, on est légèrement balancé dans l'espace, le vent siffle dans les cordages, le ballon s'incline, doucement bercé par les flots invisibles de l'océan aérien. On est parti de la cour des Tuileries; la nacelle dans les airs peut planer à 300 mètres du point de départ (fig. 30), on peut se trouver de l'autre côté de la Seine, au-dessus de la rue du Bac, ou dans d'autres directions, au-dessus du Palais-Royal ou de la cour du Louvre. Pour que le cercle d'inclinaison du câble dépasse un rayon de 300 mètres, il faut que le vent soit assez fort; s'il peut atteindre 400 mètres et au delà, c'est tout à fait exceptionnellement et par des temps où l'aérostat, après avoir fait une ascension d'essai, reste à terre.

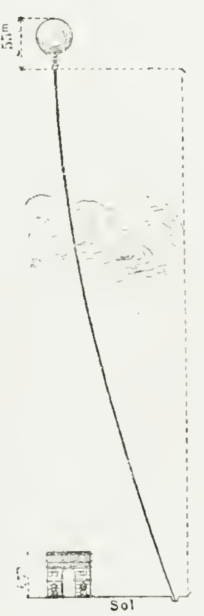


Fig. 29. – Hauteur comparative de l'Arc de Triomphe de Paris et de la nacelle du ballon captif à l'extrémité de son câble.

A 600 mètres d'altitude, la cour des Tuileries, la cuvette au-dessus de laquelle le ballon était amarré, se réduisent à des proportions lilliputiennes. On croirait qu'on ne reviendra jamais dans ces bas-fonds lointains; mais le câble est là, et les machines sont prêtes à l'enrouler autour de son treuil. Le géant, malgré ses efforts, est ramené au logis.

Le vertige n'existe guère en ballon, parce qu'on est isolé dans l'espace et qu'on n'a pas à considérer cette ligne verticale que présente au regard le mur des mo-

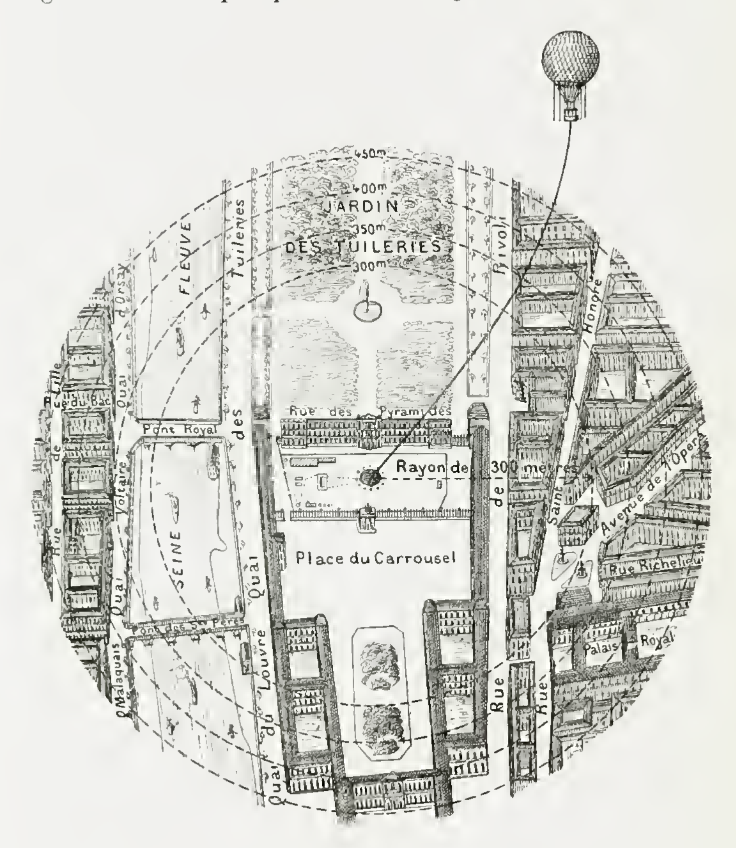


Fig. 30 — Diagramme montrant les divers points de Paris au-dessus desquels peut planer la nacelle du ballon captif.

numents ou des tours. Nous conseillerons toutefois aux voyageurs qui sont soumis au vertige de ne pas suivre des yeux le câble qui se déroule, mais de regarder au loin, de considérer l'horizon, ou bien encore de lever la tête pour



Face.

Revers.

Fig. 51. — Médaille commémorative des ascensions.

ne voir par moments que l'aérostat, sphère monumentale où ils se trouvent pendus dans la nacelle, comme dans une cage.

Une question se présente naturellement à tous ceux qui exécutent l'ascension dans le ballon captif.

Qu'arriverait-il si le câble cassait?

Nous avons déjà dit que la rupture du câble n'est guère possible, puisqu'il est soumis à une traction bien inférieure à sa résistance. Mais enfin il faut tout prévoir. S'il cassait! On en serait quitte pour faire une ascension libre. Le double-fond de la nacelle est garni de sacs de lest, de grappins de fer et de guide-rope, et les aéronautes que M. Henry Giffard a choisis comme capitaines de bord sont MM. Eugène et Jules Godard et Camille Dartois. Les noms de ces aéronautes sont aussi populaires que leur habileté est proverbiale ; en cas d'accident, on pourrait compter sur leurs bras et sur leur sang-froid. Mais l'accident n'arrivera pas, nous en avons la conviction.

Quand les voyageurs descendent de la nacelle, une médaille commémorative de leur ascension leur est offerte. Cette médaille peut être considérée comme un diplôme d'aéronaute. Elle est en cuivre doré et constitue un objet d'art. La composition en est due à MM. E. Desjardins-Lieux fils et veuve Pradeau, la gravure à M. Trottin (fig. 31).

Le grand ballon captif à vapeur est employé d'une façon permanente et régulière à des observations météorologiques. C'est la première fois que l'on peut explorer sans cesse, à toute heure du jour, une couche d'air de 600 mètres d'épaisseur. Les instruments essentiels de l'observation météorologique sont installés dans la nacelle, qui devient ainsi un véritable observatoire aérien.

APPENDICE

Note A.

ANCIENNES EXPÉRIENCES DE M. HENRY GIFFARD, SUR LA DIRECTION DES AÉROSTATS.

L'appareil aérostatique construit il y a plus de vingt-cinq ans par M. Giffard (en 1852) était de forme allongée, comme l'indique très-exactement la gravure qui accompagne notre texte (fig. 32). Sa longueur totale d'une extrémité à l'autre était de 44 mètres, son diamètre au milieu, de 12 mètres. Il cubait 2 500 mètres. Le navire aérien était enveloppé de toutes parts, sauf à sa partie inférieure et aux pointes, d'un filet, dont les extrémités se réunissaient à une traverse rigide en bois. A l'extrémité de cette traverse, une voile triangulaire mobile autour d'un axe de rotation servait de gouvernail et de quille. A 6 mètres au-dessous de la traverse, la machine à vapeur, montée sur un brancard de bois, était suspendue avec tous ses accessoires. La chaudière et la machine à vapeur destinée à faire mouvoir l'hélice directrice, dont la vitesse de rotation était de 110 tours par minute, offraient des dispositions nouvelles.

La machine à vapeur, qui pesait 150 kilogrammes, représentait une force de 3 chevaux-vapeur, égale à peu près à celle de trente hommes, dont le poids aurait été au moins douze fois plus considérable.

Le nouveau navire aérien, tel que nous venons de le décrire, se trouvait gonflé le 24 septembre 1852 dans l'enceinte de l'Hippodrome. A 5 heures, M. Henry Giffard monte seul à côté de la machine qui est chauffée. Un quart d'heure après, il donne le signal du départ, en faisant retentir le sifflet strident de la vapeur, et il s'élève majestueusement dans l'espace.

Malheureusement le vent était d'une intensité considérable, et l'inventeur ne pouvait songer ce jour-là à se remorquer contre un courant aérien que sa machine n'était pas faite pour vaincre. Mais les différentes manœuvres de mouvement circulaire et de déviation latérale ont été exécutées avec le succès le plus complet.

L'action du gouvernail se faisait sentir avec une étonnante sensibilité; il suffisait à M. Giffard de le faire mouvoir dans un sens ou dans l'autre pour voir l'horizon tourner autour de lui comme le décor d'un panorama roulant. A l'altitude de 1 500 mètres, il lui fut possible à certains moments de résister à l'intensité du vent et de maintenir à l'état d'immobilité presque absolue ce premier *monitor* de l'air.

A la chute du jour, M. Giffard est obligé de prendre la résolution de l'atterrissage. Il se met à étouffer le feu de la chaudière; il ouvre les robinets de la chaudière, la vapeur s'échappe de toutes parts avec un bruit épouvantable et enveloppe le courageux navigateur d'un nuage épais qui lui cache subitement la vue même de l'aérostat où il est suspendu.

M. Giffard touche terre dans la commune d'Élancourt, près de Trappe, et grâce à la forme allongée de l'aérostat, à l'habile disposition des guide-rope, de l'ancre, il vient se poser mollement au milieu d'un champ, quoique étant seul pour opérer les manœuvres d'un appareil de dimensions vraiment considérables.

A dater de ce jour, le principe de la navigation aérienne était définitivement créé. M. Giffard, avec une puissance de conception que l'on trouve seulement chez le véritable novateur, avait résolu toutes les difficultés théoriques. Il venait de prouver que l'emploi d'un aérostat très-allongé, dont on peut seul espérer la direction, était aussi avantageux que possible par sa marche dans l'air et par les facilités de son atterrissage; il avait trouvé avec hardiesse *les conditions de stabilité dans l'atmosphère d'un aérostat allongé.* Il avait prouvé qu'un navire aérien de cette forme obéit avec une sensibilité extrême à tous les mouvements du gouvernail. Si dans cette première expérience, faite, nous le répétons, par un vent violent, il n'a pas été possible à l'inventeur de remonter le courant aérien, il a pu *faire dévier le navire plus ou moins de la ligne du*

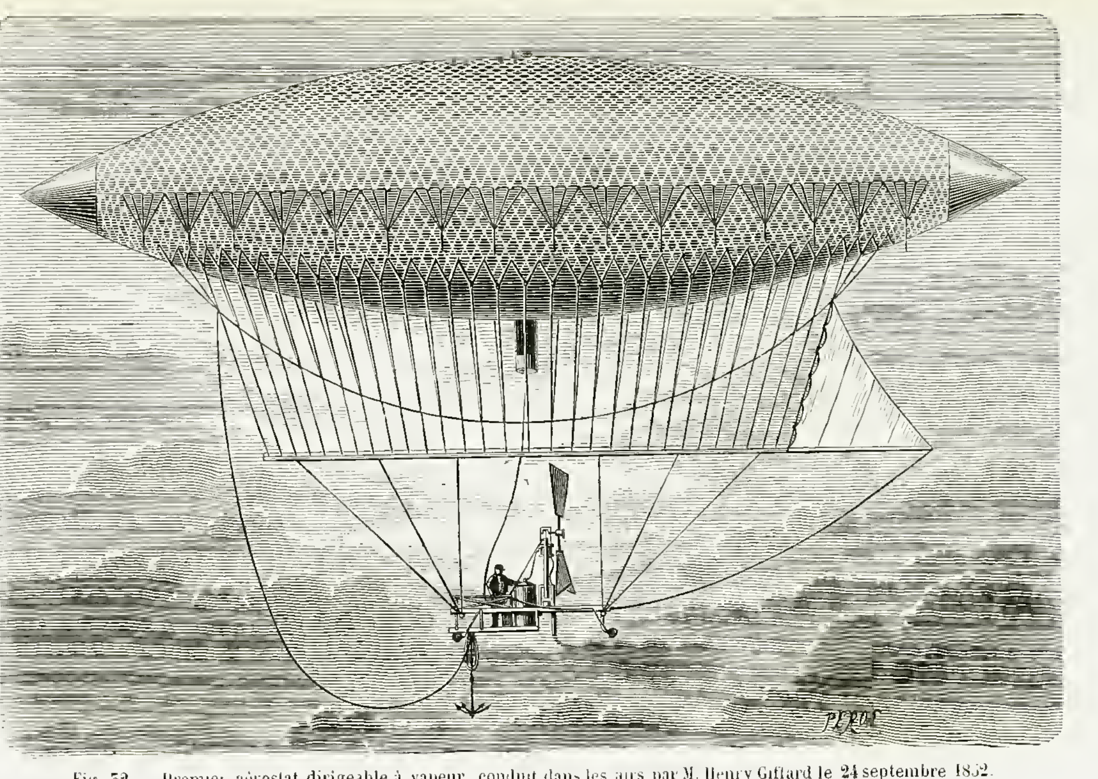


Fig. 52. — Premier aérostat dirigeable à vapeur, conduit dans les airs par M. Henry Giffard le 24 septembre 1852.
(Longueur de l'aérostat 44 mètres.)

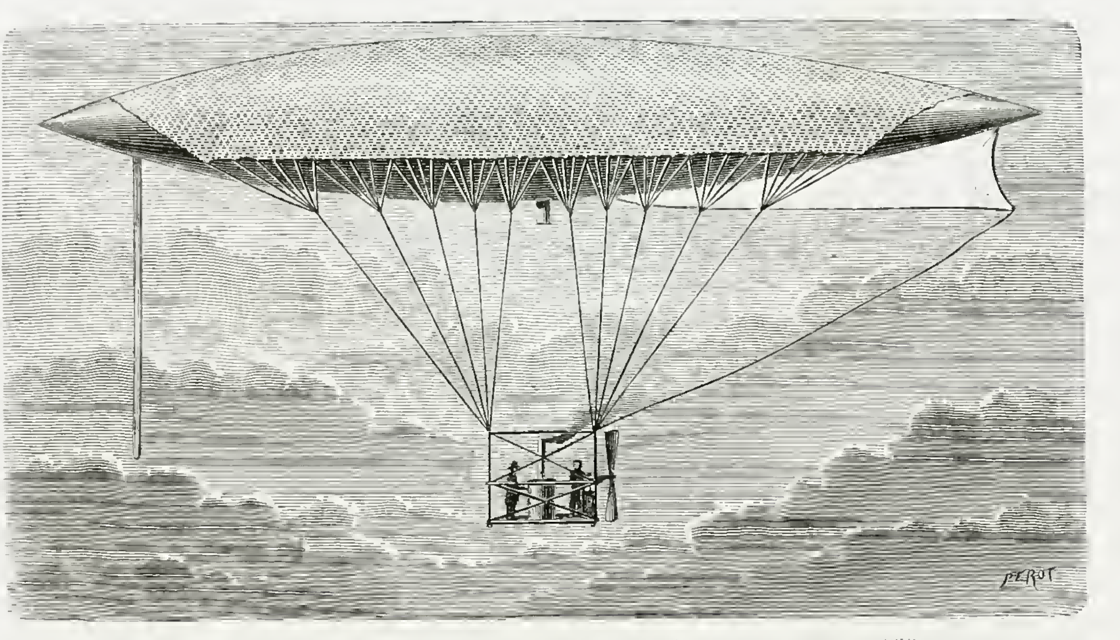


Fig. 55. — Second aérostat dirigeable à vapeur expérimenté par M. Henry Giffard en 1855.
(Longueur de l'aérostat 70 mètres.)

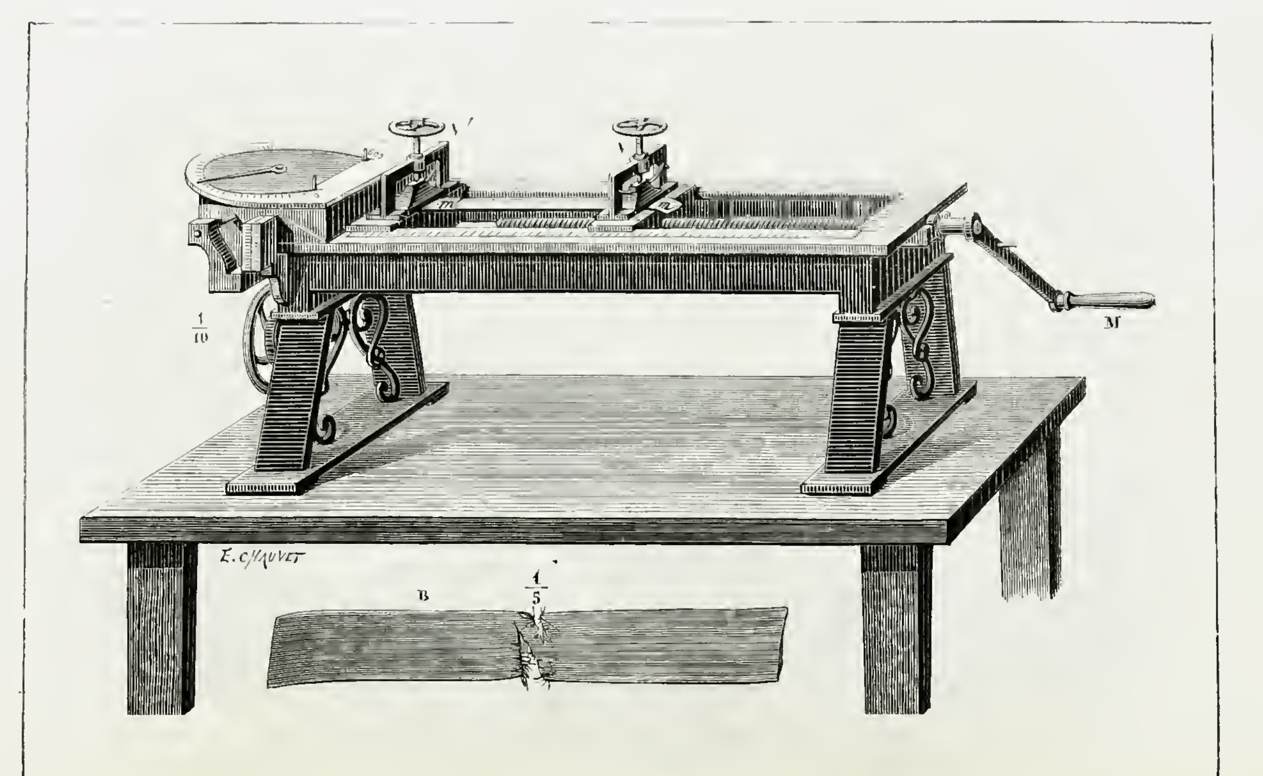


Fig. 34. — Appareil pour éprouver la résistance à la déchirure du tissu du ballon captif.

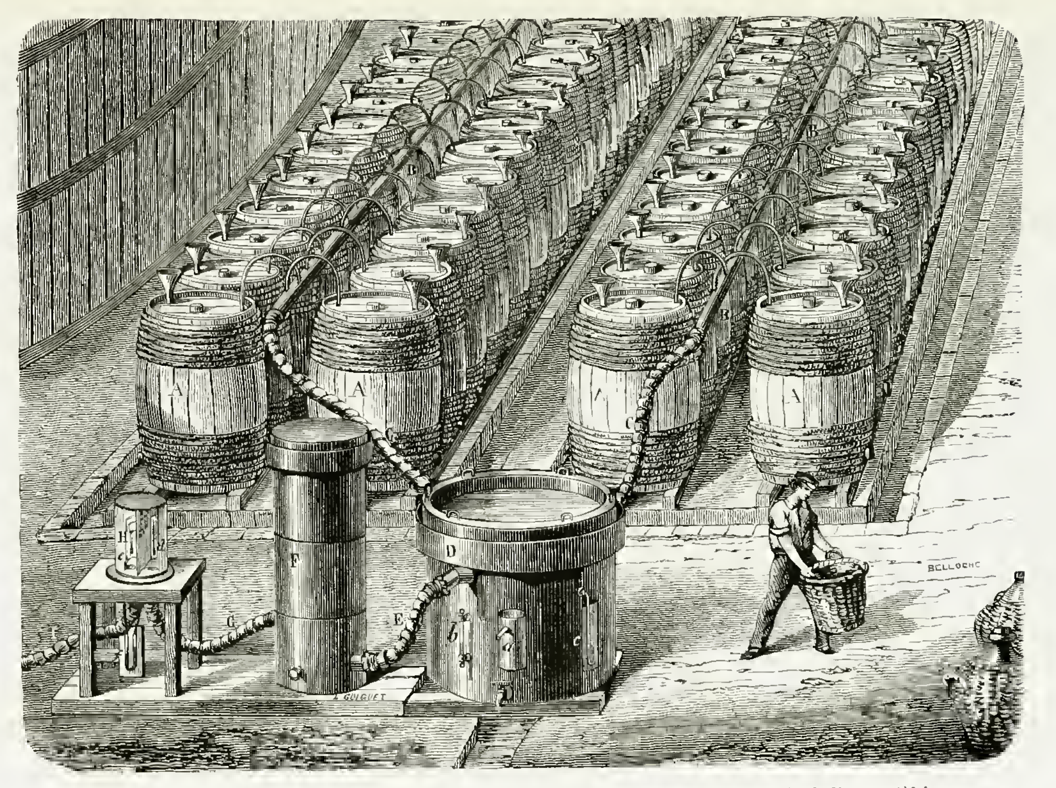


Fig. 55. — Appareil construit par M. Henry Giffard en 1867 pour le gonflement de son premier ballon captif à vapeur.

vent. Enfin, résultat vraiment frappant, M. Giffard, pour la première fois, avait associé ces deux forces : la machine à vapeur et l'aérostat ; grâce aux dispositions nouvelles d'un foyer à flamme renversée, le danger de cette union terrible du feu et du gaz combustible venait d'être rendu complétement illusoire.

Un écrivain éminent comprit l'importance de la grande tentative dont il avait été témoin : c'était M. Émile de Girardin, qui écrivait en tête du journal *la Presse* en septembre 1852 :

« Hier, vendredi 24 septembre, un homme est parti imperturbablement assis sur le tender d'une machine à vapeur, élevée par un ballon ayant la forme d'une immense baleine, navire aérien pourvu d'un mât servant de quille et d'une voile tenant lieu de gouvernail.

« Ce Fulton de la navigation aérienne se nomme Henry Giffard.

« C'est un jeune ingénieur qu'aucun sacrifice, aucun mécompte, aucun péril n'ont pu décourager ni détourner de cette entreprise audacieuse, où il n'avait pour appui que deux jeunes ingénieurs de ses amis, MM. David et Sciama, anciens élèves de l'École centrale.

« Il est parti de l'Hippodrome. C'était un beau et dramatique spectacle que celui de ce soldat de l'idée, affrontant, avec l'intrépidité que l'invention communique à l'inventeur, le péril, peut-être la mort ; car à l'heure où j'écris, j'ignore encore si la descente a pu s'opérer sans accident et comment elle a pu s'opérer....[1] »

Après sa magnifique tentative de 1852, M. Henry Giffard ne pensa qu'à recommencer une nouvelle expérience dans des conditions plus favorables encore. En 1855, il construisit un nouveau ballon allongé de 3 200 mètres cubes ; il modifia le système d'attache de la machine à vapeur, fixa la traverse de bois à la partie supérieure du navire aérien, dont il lui fit embrasser la forme ovoïdale, modifia très-heureusement son moteur (fig. 33).

Le départ s'effectua de l'usine à gaz de Courcelles, et si M. Giffard ne put pas encore obtenir la direction absolue, il confirma victo-

[1] La *Presse*, 26 septembre 1852.

rieusement ses premiers résultats, obtint la déviation latérale du navire aérien ; à plusieurs reprises il le fit encore dévier de la direction du vent par les mouvements combinés du gouvernail et de l'hélice.

Au moment du départ, la machine était chauffée à toute pression, et les spectateurs présents virent avec admiration l'appareil tenir tête au vent pendant quelques instants [1].

Note B.

ESSAIS DE LA RÉSISTANCE ET DE L'IMPERMÉABILITÉ DES ÉTOFFES AÉROSTATIQUES

Nous représentons ci-contre l'appareil qui a été employé pour mesurer la résistance à la déchirure de l'étoffe du ballon captif (fig. 34). Une bande de cinq centimètres de largeur du tissu est pincée entre deux mâchoires *m* et *m'*; ces mâchoires sont serrées à l'aide des vis V et V'. En tournant la manivelle M, on éloigne la mâchoire *m* de la mâchoire *m'*, la bande d'étoffe s'allonge jusqu'au moment où elle se rompt. Une aiguille mobile autour d'un demi-cadran représenté à la gauche de la gravure, donne l'effort en kilogrammes. On voit au-dessous en B, au $\frac{1}{5}$ de grandeur d'exécution, un morceau de l'étoffe ainsi rompue. Cette bande, de $0^{m},05$ de largeur, a exigé un effort de 200 kilogrammes.

Après la solidité du tissu, il fallait éprouver son degré d'imperméabilité.

M. Henry Giffard a construit à cet effet le petit appareil que l'on voit représenté ci-joint (fig. 36).

Cet instrument se compose d'une sorte de godet métallique M, où est adapté un tube de fer AB. L'étoffe à essayer est placée sur le godet dans la position du papier qui ferme un pot de confiture. Un cercle C détermine la fermeture, en serrant l'étoffe contre un anneau de caoutchouc fixé sur les bords du vase inférieur.

[1] Les appareils dirigeables de M. Giffard ont été brevetés en 1852 et 1855. On peut consulter les documents très-explicites, très-importants, qui accompagnent ces brevets.

Ce cercle est serré par une double griffe maintenue par la vis V. L'étoffe ainsi disposée est recouverte d'une petite couche d'eau, comme le montre notre gravure. On souffle avec la bouche dans le tube AB. On augmente la pression de l'air contenu dans la boîte métallique. Si l'étoffe n'est pas absolument imperméable,

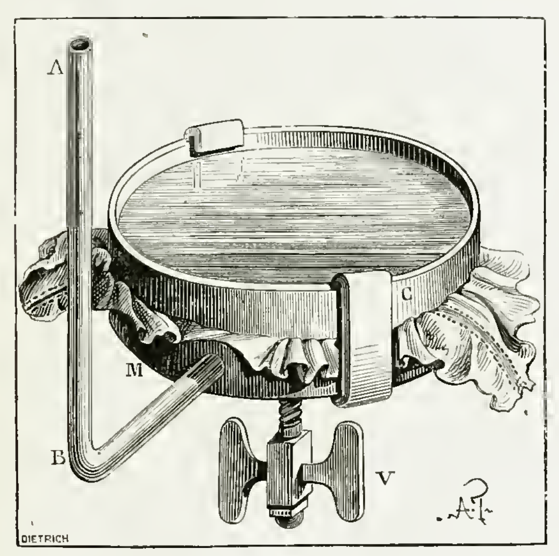


Fig. 56. — Appareil de M. Henry Giffard pour éprouver l'imperméabilité des tissus.

on voit s'élever de petites bulles d'air au travers de la couche d'eau qui la recouvre, et cela partout où il y aura la moindre fuite. Dans le cas contraire, l'eau reste limpide, sans qu'aucune bulle se montre nulle part.

Note C.

PRODUCTION DE L'HYDROGÈNE PAR VOIE HUMIDE ET PAR VOIE SÈCHE.

Il nous paraît intéressant de donner la description du premier appareil que Charles et Robert ont installé dans le jardin des Tuileries le 1er décembre 1783, pour gonfler le premier ballon à

gaz hydrogène. Des tonneaux D, D, D (fig. 37) contenaient de la tournure de fer et de l'acide sulfurique étendu d'eau. L'hydrogène dégagé se lavait dans une cuve C, en traversant une couche d'eau, au-dessous d'un couvercle H muni d'un tuyau IK adapté au tuyau de gonflement B par lequel il arrivait dans l'aérostat. Des tonneaux de rechange étaient préparés à côté de ceux qui fonctionnaient. Des ouvertures EF étaient ménagées dans les tonneaux pour l'introduction du liquide et pour adapter le tube de dégagement.

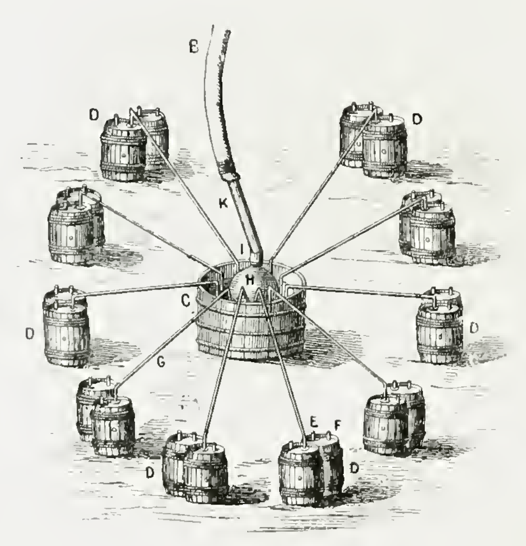


Fig. 37. — Premier appareil construit par le physicien Charles en 1783 pour le gonflement des aérostats par l'hydrogène. (D'après une gravure du temps.)

La figure 35 p. 61, représente le grand appareil à gaz hydrogène qui a été construit par M. Giffard en 1867 pour le gonflement de son premier ballon captif. AA, sont les tonneaux de bois dans lesquels l'acide sulfurique agit sur la tournure de fer, B B et C C les tubes de dégagement, D représente le laveur, F l'épurateur à chaux, H un manchon de verre contenant un thermomètre et un hygromètre.

La cuve à lavage est montrée en coupe dans la figure 38. L'eau s'y renouvelle sans cesse, alimentée par une chute en pluie qui

tombe des orifices *a*, *a*, *a*, *a*. Le gaz qui pénètre dans la cuve par le tube C, traverse une couche d'eau en s'échappant des trous *l*, *l*, *l*, *l*, il va au dehors par le tube E.-*f* est le trop-plein par où l'eau de lavage s'écoule au dehors, *d* le robinet d'arrivée de cette

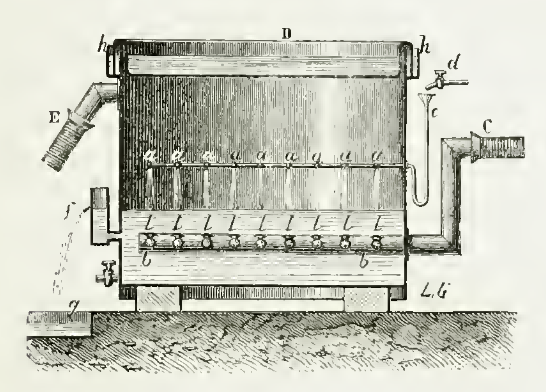


Fig. 38. — Laveur à eau de M. Giffard.

eau qui pénètre dans l'appareil par le tube *e*.-D, *h*, *h*, représente le couvercle à fermeture hydraulique.

On a vu comment M. Henry Giffard a transformé cet appareil pour le gonflement du ballon captif de 1878.

On doit encore au même inventeur un remarquable appareil de préparation de l'hydrogène par voie sèche,

M. Giffard a basé cet appareil sur deux réactions bien connues des chimistes, et qui avait été antérieurement proposées, mais dans des conditions théoriques erronées.

Ces deux réactions sont les suivantes :

1° Réduction, par l'oxyde de carbone, de l'oxyde de fer naturel ;

2° Décomposition de la vapeur d'eau par le fer métallique réduit dans la réaction précédente.

Le système se compose essentiellement (fig. 39) de deux fours cylindriques C et M. Le premier est plein de coke, le second est rempli de menus fragments d'oxyde de fer naturel (minerai). Ces fours sont construits en briques réfractaires. A l'intérieur, les parois forment des retraits, disposés de telle façon que la matière concassée, coke ou minerai, qu'ils renferment, soit enve-

loppée en haut et en bas d'espaces annulaires *a a*, *b b*, *a' a'*, *b' b'*, qui se trouvent toujours libres, la matière introduite par les ouvertures A et K formant en ces points des talus d'éboulement. Le four à minerai est muni de portes PP' qui servent à agiter la masse inférieure du minerai, dans le cas où il y aurait obstruction.

Le coke de la chambre C est allumé à sa partie inférieure ; une machine soufflante y lance de l'air par des tuyères TT' La combustion s'effectue avec une grande énergie. La masse inférieure devient incandescente. La masse supérieure n'atteint qu'une tem-

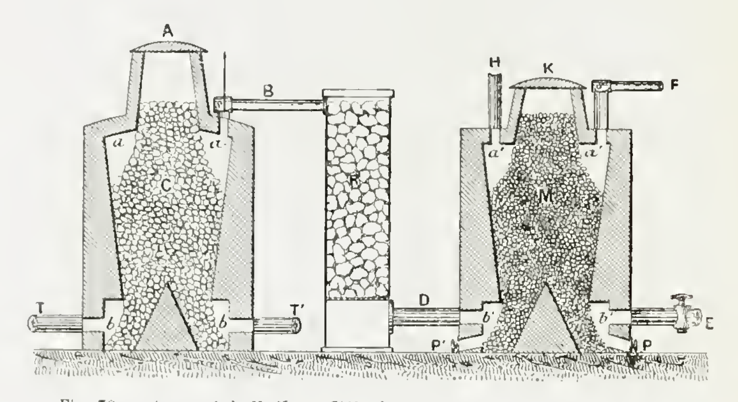


Fig. 39. — Appareil de M. Henry Giffard pour la préparation de l'hydrogène par voie sèche. Réduction 1|00.

pérature inférieure à celle de la formation de l'oxyde de carbone.

L'oxyde de carbone formé s'échappe à la partie supérieure du coke par l'espace annulaire *aa*. Il passe dans le tube B, traverse un cylindre R, rempli d'une matière réfractaire divisée, où il se dépouille, par filtration, des cendres qu'il entraîne. Le gaz vient enfin, par le conduit D, à la partie inférieure de l'oxyde de fer M. L'oxyde de carbone traverse le minerai, entrant dans sa masse par l'espace annulaire *b' b'*, en sortant à la partie supérieure en *a'a'*. Il réduit l'oxyde de fer, convertit sa surface en fer métallique et se transforme lui-même en acide carbonique qui s'échappe par le tuyau F, communiquant avec une cheminée. Cette réduction s'opère sans le secours d'aucun foyer extérieur ; l'oxyde de carbone est assez chaud pour élever au degré voulu la température

du minerai ; l'expérience a même démontré que cette température tend à s'accroître considérablement et que la réaction qui s'opère, bien loin d'exiger de la chaleur, en dégage elle-même.

Quand la réduction du minerai de fer est produite, on fait passer à travers sa masse un courant de vapeur d'eau. Le fer métallique réduit s'empare de l'oxygène de l'eau, l'hydrogène se dégage. Pour cette opération, on ferme les soupapes *s'* et *s*, on fait arriver la vapeur d'eau par le tuyau E. L'hydrogène s'échappe par le tube H pour traverser un puissant réfrigérant et se sécher ensuite à travers un épurateur à chaux.

Après cette décomposition de l'eau, le fer se trouve oxydé de nouveau ; on y fait agir une seconde fois l'oxyde de carbone, qui le réduit comme précédemment et le rend propre à décomposer les nouvelles quantités de vapeur d'eau qui lui seront fournies ; ainsi de suite presque indéfiniment.

Le prix de revient de l'hydrogène avec cet appareil est au plus de 5 centimes le mètre cube.

TABLE DES MATIÈRES

21,217. — Imprimerie Lahure, rue de Fleurus, n° 9, Paris.



Typographie Lahure, rue de Fleurus, 9, à Paris.

30. TISSANDIER, G. Le Grand Ballon Captif à Vapeur de M. Henry Giffard. Paris July. 1878. 8vo. With many illustr. Half mor. or. wrappers bound in. $ 12.50

Giffard, the inventor of the injector, and best known for his steam-driven dirigible of 1852, also built a huge balloon capable of lifting 20 people and used as a captive machine at the Paris Exposition of 1867. Giffard has been designated the "Fulton of aerial navigation." -- FIRST EDITION.

Otto Rauschburg list 11 Jan. 1943.

